

T. C.

Nafia Vekâleti Neşriyatı:

Seri : 6

Sayı : 3

GALİP ÇAYSAK.

JEOTEKNİK

Tatbikattan Alınmış Müteaddit Misallerle Bezenmiştir.

Fennin Bugünkü Durumuna Göre Telif Edilmiştir

Yazanlar :

Dr. İng.

F. KANN +

**Braunschweig Y. Mühendis Mektebi Sabık Doçenti
ve**

Demiryollar İnşaat Dairesi Mühassısı

Dipl. İng.

A. RATİP SUMAN

**Nafia Vekâleti Su İşleri Reisliği
Fen Heyeti Müdürü**

ANKARA

ULUSAL MATBAA

1 9 4 1

T. C.

Nafia Vekâleti Neşriyatı

Seri : 6

Sayı : 3

GALİP ÇAYIR.

25

JEOTEKNİK

Tatbikattan Alınmış Müteaddit Misallerle Bezenmiştir.

Fennin Bugünkü Durumuna Göre Telif Edilmiştir

Yazanlar :

Dr. İng.

F. KANN +

Braunschweig Y. Mühendis Mektebi Sabık Doçenti

ve

Demiryollar İnşaat Dairesi Mütchassısı

Dipl. İng.

A. RATİP SUMAN

Nafia Vekâleti Su İşleri Reisliği

Fen Heyeti Müdürü

ANKARA

ULUSAL MATBAA

1 9 4 1

Kitabın İçindekiler

Giriş : Zemin mihanîği nedir ?

| | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| I — BİRİNCİ KISIM: ZEMİN FİZİĞİ | 6 - 41 |
| a - Fennî tâbirler ve jeoteknikteki normal tecrübeler | 7 |
| 1 - Mesamat emsali | 7 - 9 |
| 2 - Nüfuziyet emsali | 9 |
| 3 - Sıkışma emsali | 9 - 10 |
| 4 - Dahilî zerratın delk zaviyesi (Kohesion) | 10 - 14 |
| 5 - Dr. Ing. h. c. Gruner ve Ing. R. Haefelinin metotları mucibince zeminin makaslama mukavemetini gösteren âlet ... | 14 - 15 |
| 6 - Horslov tarafından ortaya konulan yeni buluşlar | 15 |
| 7 - Granulometri | 15 - 18 |
| 8 - Atterberg tarafından vazedilen hudut.. | 18 - 20 |
| b - Doğrudan doğruya inşaat mahallinde icra edilen tecrübeler | 20 - 41 |
| 1 - Mahdut zemin sathı üzerinde tahmil tecrübesi | 21 - 25 |
| 2 - Tecrübe kazıkları ile kazık gruplarının çakılması | 25 - 26 |
| 3 - Tahmil tecrübelerinin müttekâmil şekilleri | 26 - 34 |
| 4 - Terzaghi usulündeki hidrolik sondajın icrası şekli | 34 |
| 5 - Temel çöküntülerinin tayini için irtifa röperlerinin vaz'ı ve bunların nivelmanı | 35 |
| 6 - Prof. Dr. Hertwige göre zeminin dinamik usullerle zeminin muayenesi | 35 - 39 |
| 7 - Elektrik sondajı | 39 - 41 |

| | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| II — İKİNCİ KISIM: ZEMİN MİHANIĞI | 41 - 75 |
| a - İnşaat temelinde tazyikin intişar şekli | 41 - 57 |
| 1 - Dr. Ing. Fröhliche göre kuvvetin hattı müstakim intişar prensipleri | 51 - 53 |
| 2 - Elâstikî bir zeminin gerilme tevziat râkımına sureti tesiri | 53 - 57 |
| b - Rabitalı zeminlerdeki tasman hesabı | 57 - 70 |
| 1 - Darcy kanunu | 57 |
| 2 - İzafî mesamatın su zayıatı | 57 - 59 |
| 3 - Sulplasmakta bulunan bir kil tabakası dahilinde tasmanın umumî muadelesi... | 60 - 61 |
| 4 - Hidrostatik tazyik münhanilerinin kat'î mükâfî olarak kabul edilmesi suretile hususî hallerin sureti hesabı | 61 - 70 |
| c - Tasmanın, tahmil sathının ebadile olan tâbiyeti | 70 - 74 |
| d - Zürih'de mühendis Haefeli tarafından, tasmana ait grafik tahlili usulü | 74 - 75 |
| III — ÜÇÜNCÜ KISIM: AMELİYAT SAHALARINDA TATBİKAT | 76 - 104 |
| a - Bursadaki Gölbaşı seddesi tasmanlarının Geophysik usul ile kontrolü | 76 - 85 |
| b - Löhavre'da büyük transatlantik istasyonunun tasmanları | 85 - 96 |
| c - Alman devlet otomobil yollarındaki köprülerde hâdis olan çöküntüler | 96 - 101 |
| ç - Ankarada inşa edilen iki kulenin temelleri hakkında icra edilen zemin muayeneleri | 101 - 104 |
| IV — DÖRDÜNCÜ KISIM: FAZLA DERİNLİKTE BULUNAN TABAKALARIN TASMANI HESABI YOL İLE TESBİTİ Dr. F. KANNİN BULDUĞU TAKRİBİ USUL | 104 - 106 |

İLÂVE: İstanubl ve Galata rıhtımlarının 1894 senesinden 1931 senesine kadar zamana göre ölçülen tasman grafikleri.

Yanlış - Doğru Cetveli

| Sahife | Satır | Yanlış | Doğru |
|--------|----------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------|
| 11 | 7 inci şeklin altında 13 üncü ile 14 üncü satır arasına ilâve: | | dilmiş bir a kabından ibaret olup yukarıya doğru har |
| 12 | 43 | eksik | p |
| 16 | [1] inci notta | Bealin | Berlin |
| 17 | | büyükliklerniın | büyükliklerinin |
| 20 | Cetvelin altında 3 üncü satır | kesbetmekte | kesbetmemekte |
| 37 | 8 | iel | ile |
| 41 | 3 | 9 | δ |
| | 8 | 9 | δ |
| 44 | 15 | Waschinton | Washington |
| | 18 | Cmmitee | Committee |
| 45 | 2 | Stem | Stern |
| 46 | 11 | 9 | δ |
| 49 | Birinci muadelede | 2 ^z | z ² |
| 64 | 7 inci muadele altında 1 ci satır | F ^t | F _t |
| 65 | 1 | 5-μ | 5-μ |
| 66 | Alttan 6 inci satır | htiam | hitam |
| 70 | 24 | um | kum |
| 88 | 6 | fadeil | faideli |

| <u>Sahife</u> | <u>Satır</u> | <u>Yanlış</u> | <u>Doğru</u> |
|---------------|--------------------|------------------|-----------------|
| 88 | 21 | Tbaiî | Tabiî |
| | 27 | himal | İhtimal |
| 90 | 5 | Geotechnki | Geotechnik |
| | 11 | numunele rarizet | numuneler artık |
| 96 | 25 | yan | yani |
| 97 | 7 | vevel | evvel |
| | 22 | % 40/0.002 | 40 0,002 |
| 98 | 1 | 3 fasıllı | mafsallı |
| 102 | Altıtan 7 ci satır | Mesahat | mesamat |
| | Altıtan 8 ci satır | Mesahat | mesamat |

ÖNSÖZ

Yazdığımız bu küçük eser imâr sahasında çalışan meslek arkadaşlarımızın zemin mihanikinin esaslarını tanıması ve kendilerine lüzumunda bir merci olabilmesi gayesine matuftur. Bu eserde zemin mihanikinin en son ve en yeni tecrübeleri ile birlikte bu fennin takibinde lüzumu olan bütün malûmat ve hakikatler de vazih bir surette toplanıp tasnif edilmiş ve ameliyat sahasında çalışanlara bu mevzu üzerinde tesadüf edecekleri müşkilleri hal ve lüzumunda takip edecekleri eserlerin mutalâasını kolaylaştırmak; bilgilerini derinleştirmek ve ameliyatta meselenin tatbik usullerini göstermek gayesi takip edilmiştir. Zemin mihaniki, inşaat mühendisliğinin diğer yardımcı ilimleri gibi henüz tekâmüle ermiş, katiyet kesbetmiş bir ilim olmayıp bilâkis günden güne genişlemekte ve tekâmüle doğru yürümektedir. Dünyanın muhtelif ülkelerinde bu işle meşgul olan müesseseler her gün bu husustaki resmî ve hususî taharriyat ve tecrübelerine devam etmekte ve yeni yeni neticeler çıkarmaktadır. Bir taraftan müelliflerin bu fen üzerinde mevcut eserlerini mantikî ve sistematik surette toplayıp tasnif ve diğer taraftan kendi tatbikat sahalarında, hususile Türkiyede; temel inşaatı tatbikatında yapılan tecrübeleri ve bunların neticelerini nazrî bir kisveye sokmağa çalışılmış olup eser kısmen pedagojik kısmen de inşaat tatbik tecrübelerini öğretme gayesine matuftur.

Bu küçük eserimizle genç meslekdaşlarımıza bu güç ve muğlâk fenni, vevlevki kısmen olsun; tanıtmaya muvaffak olacağımızı düşünerek telif için iktiham etmiş olduğumuz müşkilâtı ziyadesile karşılayan bir bahtiyarlık duymaktayız.

Dr. İng.
F. KANN +

Dipl. İng.
A. RATİP SUMAN

GİRİŞ

Zemin mihaniki nedir?

Zemin mihaniki, temeller altındaki zeminde husule gelen kuvvetler ve çökmelerle iştigal eden teknik mihanikin bir şubesidir. İnşaat teknik mihaniki, çelik, beton, ahşap gibi inşaat malzemesinin evsafına istinat ettiği gibi zemin mihaniki de zeminin malzeme evsafına istinat eder. Bir köprünün veya muvazeneten gayri muayyen bir çelik inşaatın inşaat malzemesi hakkında tamamen vukuf peyda etmeden gayet ince bir muvazenet hesabının yapılması ne kadar maksatsız ve şursuz ise zemin meselelerinin de malzeme itibarile halleri bilinmeden temel altındaki zeminin gerilmelerini, çöküntülerini fennî hesap usullerile tayin ve tesbite kalkışmak o kadar şursuzdur. Fakat inşaat malzemesinin mukavemeti ve elâstikiyet esasları bilindiği halde her şekil çelik ve beton inşaatının temelleri emniyetli olmazsa haklarında yürütülecek hesaplar dahi şursuzdur. Bir köprünün, bir çelik iskelet inşaatın veya sair diğer bir inşaatın kurulacağı zemin hakkında hiç bir malûmat olmazsa bunlar için en dakik fennî hesap neye yarar?

Daha başlangıçta söylemek isterim ki bu fende son 15 sene zarfında nazari ve amelî tahriyat yaparak çelik inşaatla olduğu gibi kat'i bir neticeye varmak için çalışılmış ise de varılmamış, hattâ maksat ve gayeden henüz çok uzak bulunulduğu ve bir gün maksat ve hedefe varılabileceği de şüpheli görülmüştür. Sebebi de hiç bir zemin diğerinin tamamen aynı olmadığından bir zemin hakkında yapılan tecrübe ve alınan netice doğrudan doğruya diğer bir zemine tatbik edilemez. Veyahut başka bir tabirle, zeminlerin evsaf itibarile tasnifi gayet güç ve çalışanları tamamen tatmin etmeyen nankör bir iştir. (1)

Yukarda zikrettiğimiz sebeplerden dolayı jeoteknik ilmi iki vazife ile iştigal etmekle iki esas kısımdan tereküp eder.

1. — **Zemin fiziği.** — Zemin cinslerinin tetkiki ile lâboratuvar usullerine tevfikân zeminin hikemî hassalarının tesbiti yani hesaba lüzumu olan emsâllerin tayini ile iştigal eder.

2. — **Zemin mihaniki.** — Elâstikiyet, idrodinamik, enjeniyor jeoloji ilimleri ve sair mihanikî usullerle zemin dahilinde ve temellerin altında tazyikin sureti tevziini nazari olarak hesap etmek ve mevcut tahmil kuvvetlerine göre muhtelif zeminlerde tasman miktarını önceden bulmak, istinat duvarlarına gelen toprak dafiasını tesbit ve yarım ampirik bir ilim olmak itibarile devletin büyük inşaat sahalarında münferit ve dağınık olarak temel işlerinde elde edilen rasat neticeleri ile yapılan tecrübeleri toplayıp devlet merkezî taharri bürosuna tevdi etmek vazifesile iştigal eder. Bu sebepten dolayı Almanyada, Fransada, Amerikada, İsviçrede ve diğer pek çok memleketlerde resmî ve hususî enstitüler teşekkül etmiştir. Bunların vazifesi memleket dahilindeki inşaat mahallerinde yapılan tecrübeleri toplamak, tanzim ve tetkik etmek ve onlardan fennî neticeler çıkarmaktır.

İkinci kısımda tasrih edilen işler ise zemin mihanikinin esasını teşkil eder.

(1) Toprak muvazenet ilmi; esasında mevcut olan büyük emniyetsizliği izale etmek için emniyet emsalinin pek büyük alınması mecburiyeti ile karşılaşmıştır. Bu da tabii gayri iktisadî olduğundan faideli değildir.

Birinci kısım

Zemin Fiziği

a. Fennî tâbirler ve jeoteknikteki normal tecrübeler

Bir zeminin karakteristik evsafını kati olarak tesbit için aşağıdaki 7 adet emsalın bilinmesine lüzum vardır.

- 1 — Mesamat emsali (Mesamat tazyik diyagramı, sıkışma emsali)
- 2 — Nufuziyet emsali (bu emsal, mesamat emsali, ve nufuziyet emsali diyagramından istihraç edilir.)
- 3 — Zeminin sıkleti izafiyesi emsali
- 4 — Dahilî zerrelerin delk zaviyesi emsali
- 5 — Lüzuciyet (kohezyon) emsali
- 6 — Elek münhanisi emsali
- 7 — Atterberg'in hudutları

Bir zeminin jeoteknik tarifi için lâakal yedi adet emsal kıymetlerinin bilinmesine lüzum vardır. Klâsik hendesî toprak dafiası ilmi bunlardan ancak iki tanesini ihtiva eder. Bunları ise şunlardır:

- 1 — Sıkleti izafiye emsali
- 2 — Zerratin iç delk zaviyesi emsali

1. Mesamat emsali:

Mesamat emsalinin kıymeti olan (ϵ) nisbî bir rakamdır. Zemin malzemesinden alınan herhangi bir nümunenin (boşluk hacmi ile) mesamat hacmi ile sulb olan kısımları arasındaki nisbetleri tesbit eder. Ve bu formül ile ifade edilir:

$$\epsilon = \frac{v - v_s}{v_s} \dots\dots\dots (1)$$

İşbu formülde v = Numunenin hali tabiiideki hacmi

v_s = Numunenin kurutulduktan sonraki hacmi

$v - v_s$ = bir nümunenin mesamat hacmi yani zeminin hali tabiiide bulunuşunda içindeki suyun hacmidir.

Bu faraziye âtideki zemin nümunesinin bittecrübe tesbit edilen mesamat hacminin tesbitinde esastır.

Zeminden alınan nümune hali tabiiisinde iken evvel emirde tartılır. Bilâhara 105 hararet derecesinde kurutulur. Kuru bir havada soğutulduktan sonra tekrar tartılır. Sıklet farkı mesamat içinde bulunan suyun miktarını verir.

Bir numunenin yüzde ihtiva ettiği su miktarı:

$$W (\%) = \frac{P - P_s}{P_s} 100 \dots\dots\dots (2)$$

olur. İşbu muadelede:

P = Tabii halde bulunan nümunenin sıkletı

P_s = Kurutulmuş nümunenin sıkletidir.

Zemin mesamat emsali (ε) ve su miktarı (W) arasındaki münasebet (1) ve (2) sayılı muadelelerin birbirine olan tenasübile elde edilir. Yani:

$$P_s = V_s \cdot \gamma$$

İşbu muadelede P zemin tanelerinin izafi sıkletlerini ifade eder. Mesamattaki suyun hacim sıkleti bire müsavi olduğu cihhetle şu formülü yazabiliriz.

$$P - P_s = (V - V_s) \cdot 1$$

Bundan (1) veya (2) numaralı muadeleye göre:

$$W = \left(\frac{V - V_s}{V_s} \right) \cdot \frac{1}{\gamma} \cdot 100 = \frac{\varepsilon}{\gamma} 100$$

Ve bundan:

$$\varepsilon = \frac{W \cdot \gamma}{100} \dots\dots\dots (3)$$

elde edilir.

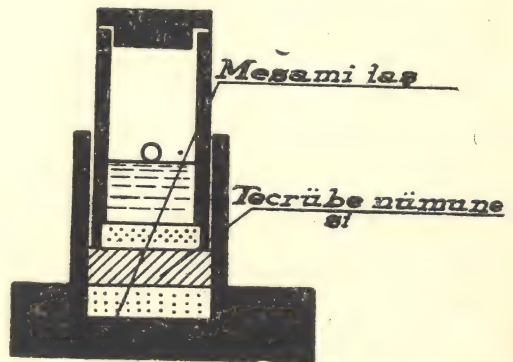
Kaide: Bir nümunenin su muhteviyatı yüzde ile ifade edilir, ve tanelerin izafi sıkletile zarf ve yüze taksim olunursa nümunenin mesamat emsali elde edilir.

Tazyik mesamat diyagramı veya odometrediyagramı: Yukarıda verilen izahata göre bir zemin nümunesinin mesamat emsali kolayca tesbit edilebilir. Mesamat emsali tabii bir istifte bulunan muayyen bir zemin nümunesi için sabit bir kıymete malik olmayıp bilâkis zeminin maruz kaldığı tazyika tâbidir. Zemin üzerindeki tazyikin çoğalmasile mesamattan su dışarı atılır. Bu suretle zeminde vukua gelen sıkışma neticesinde tabii olarak mesamat emsalinin kıymeti küçülür.

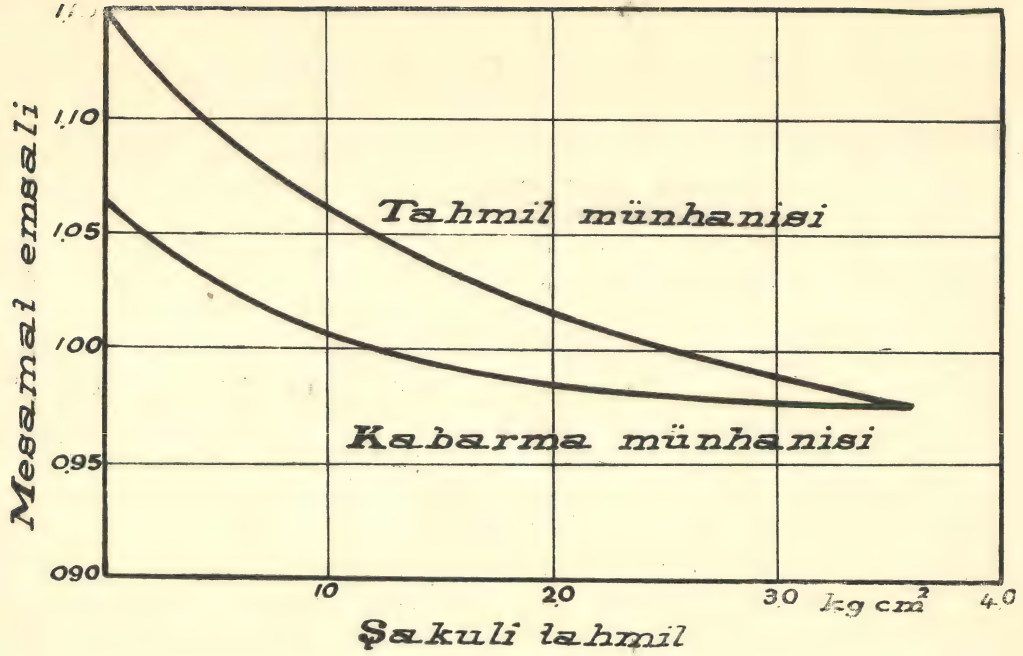
P tazyik sıkletinin muhtelif kıymetlerine ait olan ve miktarları tecrübe yolile ve yukardaki usulün tekraren tatbik edilmesi ile mevcut su hacmi tesbit edilerek bulunan mesamat emsal kıymetleri (ε) tertip ve ölçülerin tazyikleri (p=kg/cm²) fasla olarak birbirlerine amud mihverler üzerine çizildiği takdirde Prof. Terzaghinin yaptığı tecrübelerde elde ettiği logaritmik münhane meydana gelir.

Bu münhaniye tazyik mesamat emsali diyagramı veyahut okdometre diyagramı denir. Bu hususta yapılan tecrübeye de okdometre tecrübesi denir. Tecrübenin esası; muayyen tedricî tazyiklere arzedilen ve ecnebi inbisattan mahrum zemin numunesindeki su muhteviyatını veyahut mesamat emsalini yukarıdaki (2) ve (3) numaralı muadelelerin gösterdikleri usul dairesinde bilhesap bulmağa ibtina eder.

Diyagramın tersimine hizmet eden âlet şekil (1) de gösterildiği üzere esas itibarile bir üstüvane ve bu üstüvane müstedir sathına iyice temas ederek hareket eden bir pistondan teşekkül eder. Pistonun alt ve üst kaideleri mesamatlı taştan yapılmıştır. Bu mesamatlı taşlar piston ile P tazyiki icra edildiği zaman zemin nümunesinin mesamatından çıkacak suyu dışarıya almağa



Şekil : 1



Şekil : 2

yarar. Evvelâ hamule yani tazyik gittikçe çoğaltılarak şekil 2 deki okdometre münhanisinin esaslı dılı yani tahmil münhanisi elde edilir. Azamî sıkletin altında muvazanet elde edildikten sonra numune üzerindeki tazyik tedricen kaldırılır. Bu esnada tecrübe nümunesinin kabardığı ve hacmi muayyen bir miktara kadar tezayüt ettiği görülür. Bu suretle elde edilen münhaniye kabarma münhanisi denir. Hamulenin çoğalmasile hasıl olan münhaninin esas dılı şu muadeleye tâbidir:

$$\epsilon = - \frac{1}{B} \cdot \ln. (P + P_c) + C_1 \dots\dots\dots (4)$$

Hamulenin kaldırılmasile hasıl olan kabarma münhanisi de şu muadeleye tâbidir.

$$\epsilon = - \frac{1}{A} \ln. (P + P_i) + C_2 \dots\dots\dots (5)$$

Görülüyor ki mesamat emsali ile ($p = \text{kg/cm}^2$) tazyiki arasında logaritmik bir münasebet vardır. C_1 ve C_2 , P_i ve P_c kıymetleri sabittir.

Bu sabitler muadelede olmamış olsalar ($P = 0$) için mesamat emsali $a = -\infty$ olurdu. (Çünkü $\ln 0 = \infty$) Yani P tazyiki (0) a doğru indikçe zemin numunesi namütenahi büyük bir hacimde kabarmak demektir. Bu da tabii olarak kabil değildir.

(5) numaralı muadeledeki (A) kabarma emsalini ifade eder.

Killi, yağlı kil, zayıf kil veyahut killi kumlu zeminlerde kıymeti 4 ile 130 arasında tahavvül eder. (1)

Bundan anlaşılıyor ki zeminin mesamat emsali; üstündeki tazyike tâbidir. O halde zeminin tavsifi için her zemine ait mesamat ve tazyik diagramını çizmek icap eder.

Sıkışma emsali:

Bir santimetre murabbına vâki beher kılçogram tazyik tezayüdü dp ve bu yüzden hasıl olan boşluk emsalinin tenakusu da de ile gösterilirse aşağıdaki nisbet sıkışma emsali olur.

(1) Redlich - Terzaghi Ingénieur Geologie, Wien 1929, sahife 349.

$$a = \frac{d\varepsilon}{dp} = \text{cm}^2/\text{g}. \quad (6)$$

O halde (a) nın alacağı kıymetler: p ve ε vaziyetlerini haiz okdometre münhanisi üzerindeki noktadan mezkûr münhaniye çizilen mümas hattın p mihverile teşkil ettiği emsal zaviyesi kıymetinden ibarettir. (6) muadelesini (4) muadelesinin istifzale atideki şekilde yazabiliriz.

$$a = \frac{d\varepsilon}{dp} = - \frac{1}{B} \left(\frac{1}{p + p_c} \right) \quad (7)$$

Bu muadele katı zaid muadelesidir.

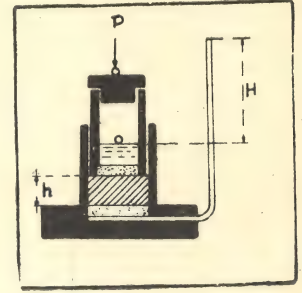
2. Nüfuziyet emsali:

Nüfuziyet sathı ve idrolik meyli bir olan bir zemin numunesinden vahit zamanda akan su miktarına zeminin nüfuziyet emsali denir ve k ile gösterilir. Bu emsal bir taraftan doğrudan doğruya mesaha edilebilir; diğer taraftan bilvasıta tazyik altında mesaha edilmiş bir zeminin tazyik mesamat emsali diyagramından çıkarılabilir. Burada ise nüfuziyet emsalinin doğrudan doğruya mesaha edildiğine göre izahat verilecektir.

Bu tecrübe odeometre ile yapılrı ve şekil 3 de gösterildiği veçhile odeometre aletine camdan yapılmış şakulî bir boru vaz edilir.

Buna göre:

| | |
|-----|-------------------------------------------------|
| Q = | Vahit zamanda nümuneden çıkarılan su miktarı |
| F = | Numunenin makta sathı |
| H = | Şakulî borudaki su tazyik irtifai |
| h = | Zemin numunesinin kalınlığı |
| k = | Nufuziyet emsalinin miktarını gösterdiğine göre |



Şekil : 3

Darsi kanununa tevfikân:

$$Q = F. k. \frac{H}{h} \quad (8)$$

Buna nâzaran nufuziyet emsali atideki muadele ile tesbit olunabilir.

$$k = \frac{Q. h}{F. H} \quad (8a)$$

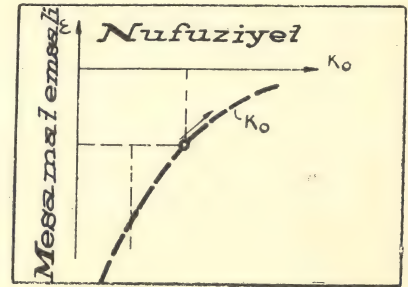
Nüfuziyet emsali tabî olarak mesamat emsali ile ve yapılan tazyikle değişir. Yani muayyen bir zemin için mesamat emsali gibi sabit değildir.

Nufuziyet emsali ile mesamat emsali arasındaki münasebet kaim vaziye mihverlerine göre çizilen mesamat ve nüfuziyet emsali diyagramından görülebilir. Şekil (4).

Bu diyagram veyahut bu münhani şekli muayyen bir zemini tarif edebilir. Fakat nüfuziyet emsalini tarif edemez. Tecrübenin icrası için normal suhunet + 10 derece olmalıdır.

3. Sıkışma emsali

Zemin maddesinde sıkışma emsali vahit hacmin sıkıltıne müsavidir. Tecrübenin icrasında kumlu, çakıllı, rabitasız ve killi rabitalı zeminleri birbirinden tefrik etmek lâzımdır.



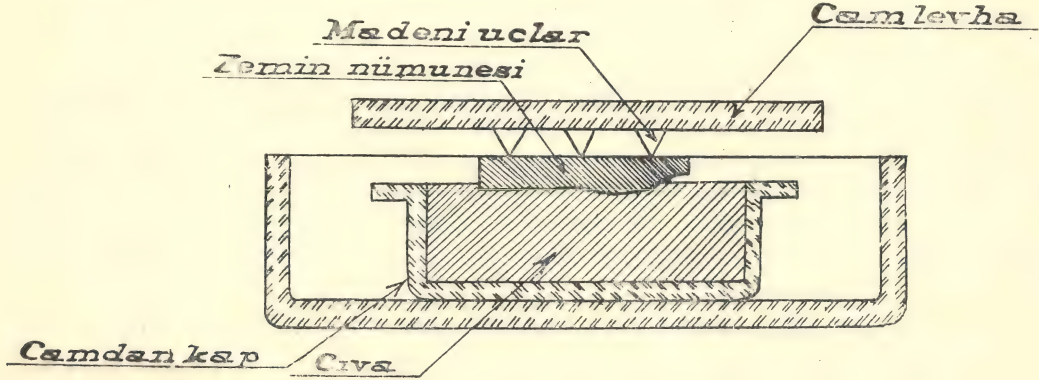
Şekil : 4

a) Rabıtasız zeminler:

İçi boş çelikten yapılmış ve altı bıçak gibi keskin bir üstüvane ianesiyle muayene edilecek zeminde üstüvanevi bir nümune parçası çıkarılır. Bu nümune parçası tartılır. Ve ondan sonra hacim ve aynı zamanda vahit hacim sıkleti tesbit edilir.

b — Rabıtalı zeminler:

Nümune, şekil 5 de gösterildiği veçhile bir cam levhası ianesiyle ağzına kadar cıva ile doldurulan



Şekil : 5

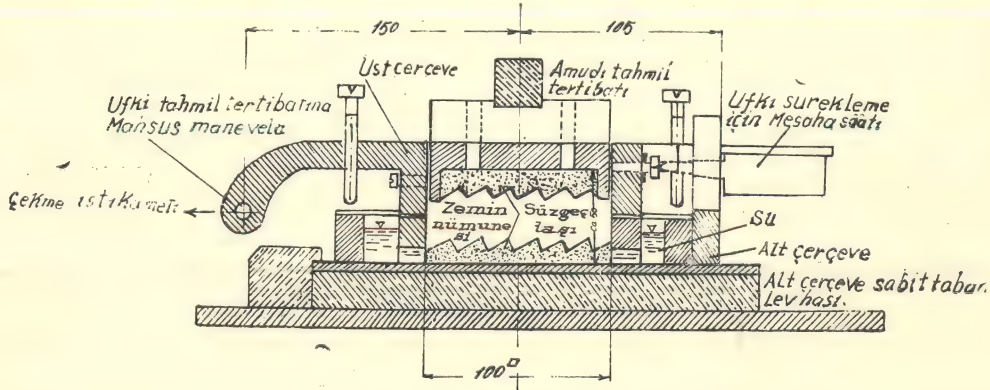
bir kap içine konulur, fazla cıva harice akıncaya kadar tazyik yapılır. Kaptan harice akıtılan cıvanın sıkleti Q , onun izafi sıkleti γ_Q ve numunenin sıkleti G ile ifade edilir. ve G olan numune sıkleti de evvelce basit bir surette tartılarak tesbit edilmiş bulunur ise vahit hacim sıkleti âtidedi formülle ifade edilir.

$$\gamma_e = \frac{G}{V} ; V = \frac{Q}{\gamma_Q} \text{ veya } \gamma_e = \frac{G \cdot \gamma_Q}{Q} \dots\dots\dots (9)$$

4. Dahilî zerratın delk zaviyesi (Kohesion)

Makaslama tecrübesi

Delk zaviyesinin tayini için Krey - Casagrande tarafından şekil 6 de gösterilen ve son za-



Şekil : 6

manda tekâmül etmiş olan Hros Leo Haefeli halkalı makaslama tecrübe âleti kullanılır. Bu âlet

(a) levhasından ve levhanın ihtiva ettiği mesamatlı bir taşın mürekkep olup bu taşın sathında dişler mevcuttur. Bunun üstünde (b) çerçevesi bulunur. Bu çerçeve levha üzerinde serbestçe hareket edebilir.

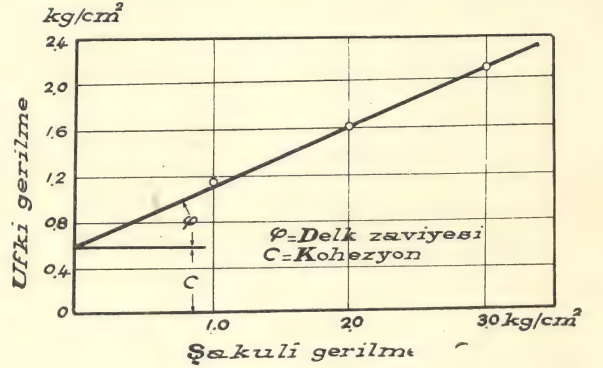
Zemin numunesinin yarısı müteharrik diğer yarısı sabit çerçeveye konur. Bu zemin numunesi; mesamatlı dış tertibat ile mücehhez olup sıkleti taşı intikal ettiren c pistonu vasıtasile tahmil edilir. Mesamatlı taşlar talep edilen tazyik elde edilinceye kadar suyun harice çıkmasını temin eder. İşbu keyfiyet hasıl oluncaya kadar üst çerçeve üzerine ufki bir kuvvet icrai tesir ettirilir.

Kuvvet, toprak numunesi A - A müstevii kıyasasına doğru makaslanıncaya kadar, daki-kada amudî kuvvetin 1/20 si nisbetinde olmak üzere tedricen çoğalır. τ olan makaslama gerilmeleri fasla ve σ şakulî tazyik gerilmeleri tertip olarak alındığı takdirde bir münhanî hasıl olur. Bu münhani ameli olarak bir hattı müstakime tahvil edilebilir. (Şekil 7) Bu münhanînin muadelesi

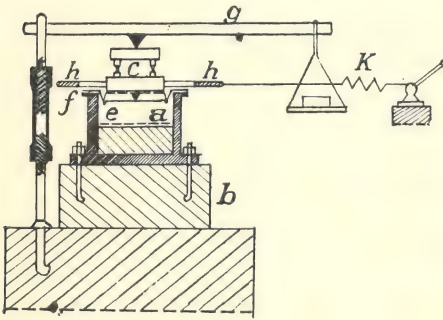
$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \rho + k_s \dots\dots\dots (10)$$

ρ zaviyesi hattı müstakim ile fasla mihveri arasındaki dahilî delkü temas zaviyesidir. Sıfır olan tazyik gerilmelerinin makaslama mukavemeti malzemenin (k_s) rabitasını ifade eder. Bundan sonra Hanover'de Prof. Franzius tarafından zeminin kayma mukavemetinin tesbiti hakkında yapılan tecrübelerden bahsedeceğiz. Şekil (8)

Bu tecrübelerde muayenesi arzu edilen zemin malzemesinin dahiline vazedilen dairevî bir levhanın kendi müstevii kıyasındaki dönmesi ölçülmüştür.



Şekil : 7



Şekil : 8

olunmuştur. Bu suretle pistonla kap cidarı arasındaki temas sathı yağlı bir (f) meşiniyle sıkışıp kapatılmıştır. Nümune mesamatındaki suyun harice çıkabilmesi için pistonun tabanına ve alt kaidelerine filitreli tabakalar konulmuştur.

Pistonun manivelâ tertibatı (g) ile tahmil olunur. Pistonun dönme hareketi pistonu konsantrik olarak bağlanan ve bir dönme anı tevhit eden demirden yapılmış tekerlek (h) vasıtasile temin edilir. Bu esnada vücuda getirilen cer kuvvetleri çelik tellerle (i) nakledilerek âlete vaz'olunan (k) dinamometresi vasıtasile ölçülür.

Bu tecrübeler American Foundation Commiteesi tarafından yapıldığı gibi İsveçte İstokholm yüksek mühendis mektebinde de aynı suretle yapılmıştır.

Pistonun silindir mihveri istikametindeki hareketi esnasında hasıl olan toprak nümunesinin kabarmaları pistonu büyük makaslama kuvveterinin husulüne sebebiyet verir. Bundan dolayı Hanover'de yapılan tecrübelerde pistonun silindir mihveri istikametindeki hareketleri dairevî hareketlere tahvil edilmiştir. Bu tecrübelerin icrası için Franzius tarafından istimal edilen tecrübe âleti esas itibarile şekil 8 de gösterildiği veçhile zemin nümunesinin konmasına mahsus demirden mamul ve (b) beton mesnedine ankraj yapmak suretile tesbit ettirilen bir piston bağlanmıştır. Pistonun alt tarafı zemin nümunesinin bu irtifadan alınabilmesi için on milimetre irtifadında radial manivelâlarla teşhiz edilmiştir. Pistonun, aletin cidarları ile delkü temas etmemesi için piston cidar muhitine demirden (e) bir halka konulmuştur.

Tarif edilen bu tecrübe tertibatı ile Franzius on sekiz ay zarfında kum, kil, fahmi toprak gibi muhtelif zemin numuneleri ile tecrübeler yapmıştır. Bu tecrübelerden elde etmiş olduğu netice kayma gerilmesile satıh tazyik gerilmesi arasındaki nisbetin (10) sayılı muadelede gösterdiğimiz şekle tetabuk ettiği ve umumiyetle bu münasebetin hattı olduğudur. Mamafih bu esnada idrodinamik kayma mukavemetleri hususî bir rol oynamaktadır. Zemin mesamatının teşkil ettikleri boşluklar içindeki su, tazyik altında bulununca toprak dahilinde delk kuvvetleri vücade gelir. Bunlara idrodinamik kayma mukavemetleri denir. Bu esnada tazyikten dolayı mesamat-taki fazla su dışarıya akarak tazyik hususunda bir muvazenet hasıl olursa o vakit idrostatik kayma mukavemetinden bahsolunur. Nüfuziyeti az olan zeminlerde bu halin vücade gelmesi için daha uzun bir müddete ihtiyaç vardır. Şekil 9 ve 10 da Franzius tarafından killi ve fahmî zeminler için istihraç edilen idrostatik kayma mukavemetini gösteren münhaniler kumlu zeminlerdeki münhanilere müşabih olduklarını ve yalnız kumlu zeminlerdeki rabita kuvvetinin pek küçük olduğunu tesbit etmiştir. (Şekilde bu haller gösterilmiştir.)

Bu hususta yapılan tetkik neticesinde elde edilen muadeleler şöylece yazılabilir:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------------------|
| a) Kum için | $\tau = (\text{kg./cm}^2) = 0.01 + 0.68 \sigma$ |
| b) Killi zeminler için | $\tau = (\text{kg./cm}^2) = 0.1 + 0.46 \sigma$ |
| c) Fahmi zeminler için | $\tau = (\text{kg./cm}^2) = 0.5 + 0.42 \sigma$ |

Killi ve fahmi zeminlerdeki idrodinamik kayma emsallerinin tesbiti için zemin numuneleri ilk tahmillerden itibaren sür'atle beher dakikada 0.6 atmosferlik bir tazyikle başlanarak daha yüksek tazyiklere maruz bırakılmış ve bu tazyikler beher santimetre murabbına 8 kilograma kadar tezyit edildiği hâlde ondan mütevellit kayma mukavemetinin ilk gösterdiği kıymeti takribî olarak muhafaza ettiği neticesine varılmıştır. (Şekil 11, 12).

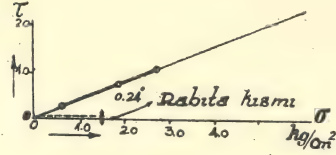
İşbu hâdisenin sebebi tecrübe başlangıcı ile hamule tezyidi arasındaki kısa müddet zarfında kesif zemin cinsinin bünyevî teşekkülü dolayısıyla şayanı kayıt bir suyun çıkması imkânı olmaması ve suyun gayet az alâstikiyeti dolayısıyla bütün tazyik tezayüdünün mesamat suyu tarafından belli edilmesinden neşet eder. Su, mayi olmak itibarile bir rabitaya malik olmadığından kayma mukavemeti layetegayyer kalır.

Şekil 11, 12 deki τ hatları takribî olarak σ mihverindeki tertiplere takriben muvazidir.

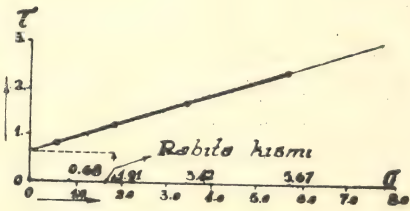
Fahmi zeminlerde şekil 12 de görüldüğü veçhile bu muvazat biraz bozukcadır. Mesamat-taki suyun harice çıkması ve tazyikin müsavi kılınması dolayısıyla kayma mukavemeti azamî huda varır. Yani şekil 11 ve 12 de kesik hatlar ile gösterilen hidrostatik kıymetine yaklaşıp. 10 numaralı muadeleye göre tecrübeden elde edilen delkütemas zaviyesi hesap edildikte şu kıymet elde edilir.

$$\text{tg. } \varphi = \frac{\tau - k_s}{\sigma} \dots\dots\dots (10a)$$

Hidrodinamik kayma mukavemeti için şekil 11 ve 12 mucibince τ kıymeti takribî olarak sabit kaldığı cihetle (10a) numaralı muadeledeki suret sabit kalacağından σ nın kıymeti büyüdükçe nın kıymeti küçülecektir. Bundan anlaşılıyor ki ρ kıymeti aynı zemin için sabit değildir. Rabitalı zeminlerde tazyik altında bulunan mesamat suyu Terzaghi'nin söylediği gibi ya delküteması tenkis eder veyahut bağlama vazifesini görür.

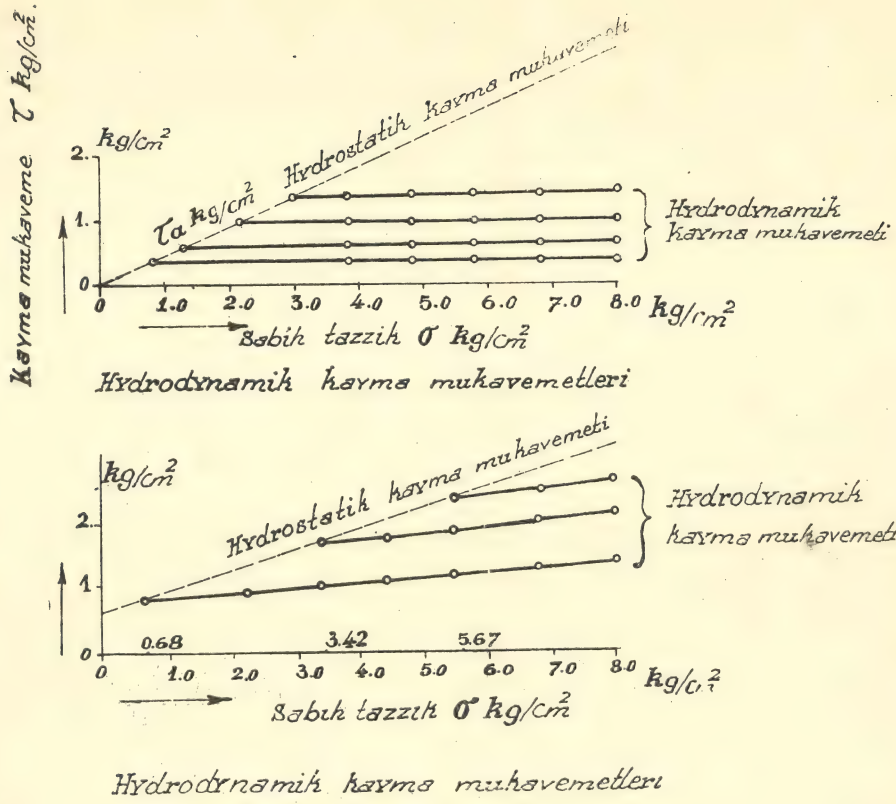


τ - Killi zeminler için kıymetler



τ - Fahmi zeminler için kıymetler

Şekil: 9, 10



Şekil: 11, 12

Rabıtalı zeminlerdeki iltisak, zeminin tabii şevinden daha dik bir şevde durmasını temin ettiği halde mesamatta bulunan fazla suyun dahili delkütemasın satih üzerine icra ettiği normal tazyikin yani toprak yığınının irtifai yükseldikçe tenakus ettiği görülür. Bundan dolayı bu gibi yığın halinde bulunan zeminlerde faal olan toprak tazyiki daha büyük olur. Gayrı faal olanlar da aynı şerait altında daha küçük olur. Daha fazla irtifada bulunan istinat duvarlarının R kıymeti tesbit edilirken bu husus nazarı dikkate alınmalıdır. Çünkü müruru zaman ile mesamattaki su gaip olur ve delk zaviyesi büyür. Her halde bu gibi duvarların arkasında mesamat suyunun sür'atle çıkabilmesi için drenaj: hendekleri yapmak faidelidir.

Zeminin hakikî rabıtasından başka bir de zeminin gayrı hakikî rabıtalı vardır. Bu gayrı hakikî rabıtalı bilhassa zeminin şaariyat hassasından dolayı şaariyat suyunun tebahhuru dolayısıyla üst satıhta bir gerilme (takabbuz) hasil eder ve bu gerilemeden dolayı kayma mukavemeti büyür. Zeminin yüzünün arasına ıslatılması dolayısıyla sathî kuvvetler zail olur. Ve bu halde gayrı hakikî rabıtalı kaybolur. Malûm olan ρ delk zaviyesi ve zeminin γ_e miktarlarıyla rabıtanın miktarı bittecrûbe tesbit edilebilir.

Profesör Franzius tarafından yapılan tecrübelerde dahili delkin esas kıymetleri ile esas rabıta kıymeti bulunmuştur. Öyle bir zeminin ρ dahilî delk zaviyesi ve ayrıca onun γ_e hacim sıkletinin bilinmesi lâzımdır. Bu takdirde yapılan tecrübelerle rabıta kıymetli olan k_s bilhesap bulunabilir. Muayene edilecek zemin malzemesinin arkasına bir mesnet veya destek koymaksızın şakulî olarak hangi h irtifaa kadar serbest durabildiğini bittecrûbe tesbit etmek lâzımdır. Bu suretle (ilâvedeki 15 numaralı muadeleye müracaat), şu formül elde edilir:

$$k_s = \gamma_e \cdot \frac{h}{4} \cdot \text{tg.} \left(45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \dots \dots \dots (11)$$

Adedi misal $\gamma_e = 1.8 \text{ t/m}^3$; $h = 4 \text{ m}$ ve $\rho = 30^\circ$ olduğuna göre

$$k_s = 1.8 \cdot \frac{4.0}{4} \cdot \text{tg.} 30^\circ = 1.04 \text{ t/m}^2$$

Bu usul dairesinde Knocke çakıllı kum rabita kıymetini 0.4 kg./cm². ve sedde toprakları kil gibi yağlı toprakların rabita kıymetlerini bunun iki misli olarak tesbit etmiştir. Bu kıymetler Franzius tarafından bulunanlardan daha büyüktür. Mamâfih amelî taharriyet usulü noktai nazardan Franzius'un bulmuş olduğu kıymetler hakikata daha yakındır..

5. Dr. Ing. h. c. Gruner ve Ing. R. Haefelinin metodları mucibince zeminin makaslama mukavemetini gösteren âlet

Ren nehri üzerinde Albruckdogern elektriksantıralı ve ona ait nazım bendin inşası esnasında Dr. Gruner şekil 13 de gösterilen makaslama tecrübelerine mahsus kayma ve aynı zamanda sıkışma aletini kullanmıştır. Bu âlet esas itibarile aşağıdaki parçalardan mürekkeptir:

a — İç kutru 8 cm² irtifai 10 cm ve hacmi 500 cm³ olan 3 taksimatlı pirinçten mamul bir silindir, silindirin üst ve alt kısmı her iki taraftan birbirine kuvvetle bağlıdır. Aralarında ufki ve silindirin cidarına tamamilе uygun olarak girçilen bir halka mevcuttur. Silindire yukarıdan ve aşağıdan tamamilе ve sımsıkı uydurulmuş madeni levhalar bağlanmıştır. Bu levhalar nümune malzemesinin mesamatından dışarıya çıkan suyu emmeye müsait filtre kâğıtlarıyla mücehhezdir.

b — Şakulî tahmil tertibatı; sıklığı temsil eden levhalardan, manivelâdan ve A silindirin kapağı üzerine mihverî olarak oturan tazyik pistonundan ibarettir.

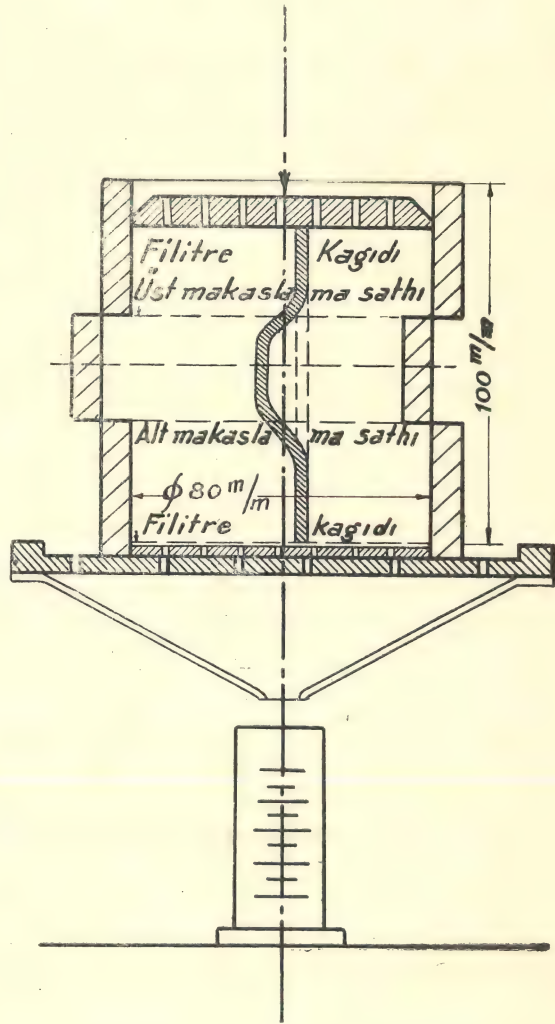
c — Ufkî tahmil tertibatı ise balanse edilmiş mütenazır zaviyeli iki manivelâyâ malik ve makaslama kuvvetlerini çelik halatlarla A silindirine arzanî olarak sürebilen halkalar vasıtasıyla A silindirine intikal ettirecek ve suyun hamulesini alabilecek alüminyumdan mamûl iki kaptan ibarettir.

Gruner zeminin makaslama mukavemetini, 3 had kıymeti ile tasnif etmiştir.

Evvelce tarif edildiği veçhile makaslama mukavemeli yalnız normal tazyikten değil aynı zamanda mazlemedeki su muhteviyatına da tâbidir. (Bu hussuta Franzius tarafından yapılan tecrübelere müracaat.) Bundan başka makaslama mukavemeti müteaddit hadlerle ifade edilebilir. Grunerin projenin yapımlası ve malzemenin kontrolü için esas olarak tanzim ettiği bu had kıymetleri şunlardır:

- a) Malzemenin hali tabiisinde ihtiva ettiği su miktarının makaslama mukavemeti,
- b) Sabit ve hali işbaa gelen makaslama mukavemeti yani mesamat içindeki suyun sabit hali işbaa geldiğinde hasıl olan makaslama mukavemeti,
- c) Sabit su muhteviyatlı zeminlere mahsus makaslama mukavemeti,

Bu suretle makaslama tecrübesi üç müstakim hattâ irca edilmiş olur. Dr. Grunerin yapmış



Şekil : 13

olduğu bu âlet malik olduğu hususî tertibatı sayesinde hem muayeneyi kolaylaştırmakta, hem de aynı zamanda arka arkaya sırasıyla takip edilecek tecrübelerde yukarıda sayılan makaslama mukavemetine zıt kıymetleri vermektedir.

6. Horslav tarafından ortaya konulan yeni buluşlar:

10 sayılı muadeleyi tekrar yazalım. Yani $\tau = k_s + \sigma \operatorname{tg} \varphi$ Bu muadele Columbun kırılma şartı muadelesi ismini alır. Bu muadelede k_s haddî malzemenin zerreleri arasındaki iltisak kuvvetini gösterir. Horslav bu hususta etütlerin tekâmülü iltisak derecesinin malzeme için sabit bir emsal olmadığını ve bilâkis tahmil edilmeden evvelki zemin vaziyetine tâbi bir kıymet haiz olduğunu sarahaten meydana koymuştur. Bu bakımdan Krey Friedemann umumî surette aşağıdaki kırılma şartını ifade eden muadeleyi tertip etmiştir:

$$\tau = \sigma_i \cdot \operatorname{tg} \rho_e + \sigma_k \cdot \operatorname{tg} \rho_r \dots\dots\dots (11a)$$

Bu formülde tecrübe edilmek üzere nümunesi alınan zemin malzemesinin munzam hamulden evvel yani zatî sıkleti tahtı tesirinde zerreleri arasındaki yapışma kuvvetinin mevcudiyeti ve bu kuvvet dolayısıyla husule gelen σ_i gerilme ile makaslama tecrübesi esnasında husule gelen σ_k normal gerilmesinin birbirinden ayırt edilmesi iktiza eder. Horslev zemin ahvalini daha sarîh bir surette ifade etmek için muaddel sıkışma tazyikini tâbirini kullanmakla zemin yapışma kuvvetini daha katî bir şekilde tefrik etmeğe muvaffak olmuştur. Muaddel sıkışma tazyikinden mütevellit σ_e gerilmesi öyle bir gerilmedir ki odometre yani ilk sıkışma münhanisinde mevcut mesamat emsaline tevafuk eden kıymeti haizdir. Horslev muvazeneti bozulan kil malzemesi üzerinde yaptığı müteaddit tecrübelerin verdiği neticeye göre kırılma şartı için aşağıdaki formülü bulmuştur:

$$\tau = \lambda \sigma_e + \mu_0 \sigma_k \dots\dots\dots (11b)$$

Bu muadelede λ icrayı tesir eden tazyika tekabül eden sıkışma emsalini dahilî delki temas emsalini gösterir.

Yani:

$$\mu_0 = \operatorname{tg} \rho_r$$

Bu suretle sıkışma ile mesamat arasında bir münasebet tesis edilmiştir. Buna nazaran sıkışma emsalinin zemin mesamat emsalinin bir tâbii olduğu âşikârdır.

Bundan dolayı λ sıkışma emsaliyle μ_0 dahilî delki temas emsali zemin cinsine tâbi birer sabit adetlerdir.

Bununla beraber makaslama tecrübesi esnasında cereyan eden fizikî hâdisat hakkında ilim adamlarının fikir ve mütalealarında mubayenet ve ihtilâf vardır.

7. Granulometri:

Her hangi bir zemin umumiyetle muhtelif zerrat ile mesamattaki sudan mürekkeptir. Münferit zerrelere kuturları logaritma mikyası ile fasla ve zerrelere yüzdeki sıkletleri muayyen zerre

Muhtelif eb'attaki tane büyüklüklerinin tayini 0.075 mm. kutruna kadar delk tecrübesi ile .cra edilir. Daha ince kuturlu olanlarının da aşağıda gösterildiği veçhile tersip tecrübesi ile tesbit olunur. Toz halinde bulunan bu ince zemin malzemesinden alınan bir kısım nümune bir kap içine konarak su ile birlikte çalkalanır. Çalkalama neticesinde kabın içindeki malzeme yavaş yavaş dibe çöker. Bu maddeler suyun dibine çökmeden evvel suyun sathında bir mukavemete maruz kalırlar. Buna binaen tanelerin çökme sür'atı büyüklüklerine, şekillerine ve sıklıklarına tâbidir. Tabii olarak aynı sıklık ve aynı hacme malik olan tanelerden yuvarlak olanlar, düz şekilli olanlardan daha çabuk dibe çökmektedir. Şu halde bir zerrenin kutru, aynı sıklığı izafiyeyi ve aynı bir sür'atle kabın tabanına çöken bir kürenin kutru ile ifade edilir. Aynı zamanda kabın tabanına düşen zerratin aynı eb'atta olduğu kabul edilir.

Zerrelerin sıklığı izafiyesi: $\gamma_1 = g/cm^3$

Mayiın sıklığı izafiyesi: $\gamma = g/cm^3$.

Mayiın sath mukavemeti: $\eta = g\text{ cm/sec}^2$.

Zerrenin tabana sukut sür'atı: $v = \text{cm/sec}$.

Zerrenin nısıf kutru $d = \text{cm}$. olursa o zaman Stoks düsturuna göre:

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{\gamma_1 - \gamma}{\eta} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \dots\dots\dots (12)$$

Veyahut

$$d = \sqrt{18 \cdot \frac{v \cdot \eta}{\gamma_1 - \gamma}} \dots\dots\dots (13)$$

Misal olarak

$$\gamma_1 = 2.85 \text{ t./m}^3.$$

$$\gamma = 1 \text{ t./m}^3. (\text{su})$$

$$\eta = 1.165 \times 10^{-5}$$

Ve derecei hararet 15° C olunca

$$d = 0.002 ; 0.02 ; 0.2 \text{ mm.}$$

$$v = 0.00035 ; 0.035 ; 3.5 \text{ cm./sec. olur.}$$

Muayyen bir zaman için zemin nümunesinin henüz sulp ve kabın tabanına henüz inmemiş bir hali esnasında d zerre kutru ile p sıklığının yüzde nisbeti malûm olur. Zerrelerin büyüklüğünü gösteren elek münhanisi kolaylıkla çizilebilir. Zerrelerin tecanüsü

$$U = \frac{d}{d'} \dots\dots\dots (14)$$

nisbeti ile ifade olunur. Şu halde $\frac{dW}{dW'}$ nisbetini izah edelim. Muayenesi icra edilecek zemin malzemesi bir çok zerrattan mürekkeptir. İşte nümunenin umum sıklığının yüzde onunu altına geçiren bir elekten çıkan malzemenin kutru dw dir. Bu kuturdan maksat zerrelerin su mukavemetine maruz kutrudur. dw' ise aynı nümune malzemesinden yüzde altmışını altına geçiren ikinci bir elekten geçen zerrelerin kutrudur. dw ile dw' birbirine ne kadar yakın olursa malzeme o nisbette mütecanis addolunur. Bu tecrübeyi yaparken kutru pek küçük malzemeler için elek istimal edilmemelidir. Bu gibi malzemenin tecanüs derecesi ancak su tecrübesi ile takdir edilir.

dw ile dw' birbirinden ne kadar farklı ise yani granülometri münhanisi ne kadar dik ise o nisbette zemin malzemesi mütecanis olmaz. Bu hususta azamî hudut 14 numaralı muadeleye göre kum gibi tamâmîle habbeleri mütecanis bir zemin için $u = 1$ olur.

Şimdiye kadar bahsetmiş olduğumuz ve jeoteknik hesabına esas teşkil eden zeminlere ait ka-

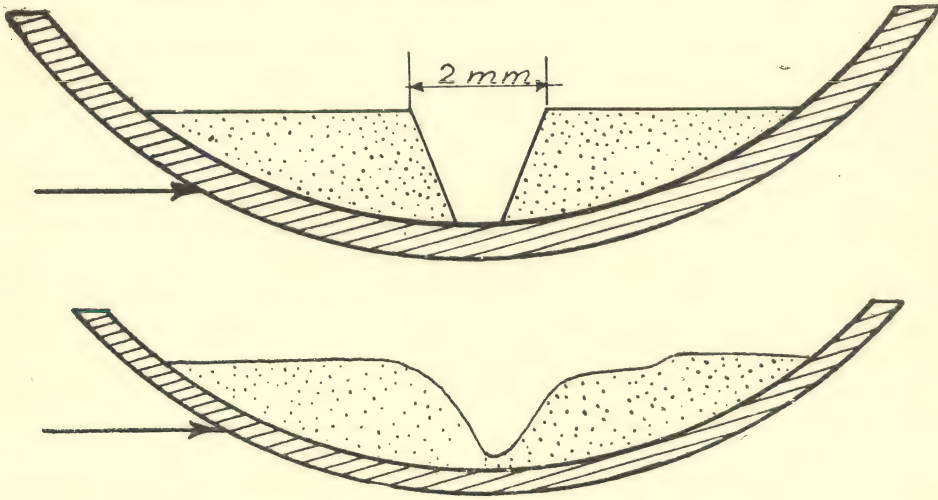
rakteristik hususattan başka zemin tekniği hakkında daha bazı emsal kullanılmakta olduğu cihetle bunların kısaca tarifine lüzum görülmüştür.

8. Atterberg tarafından vazeden hudut

Muayene edilecek her zemin nümunesi muayene esnasında bir akma hududunda diğeri dağılma ve üçüncüsü de muhafazai şekil hududunda kalır.

a) Akma hududu:

Zemin nümunesi mesaha kabına doldurulduktan sonra şekil 15 de görüldüğü veçhile bir san-



Şekil : 15

timetre derinlik ve 2 milimetre genişliğinde nümunenin içine bir çizgi çizilir ve nümune iki kısma ayrılır. İşte nümunede mevcut su miktarının 25 darbede çizginin her iki tarafından birer santimetre mesafeye kadar akmasına nümunenin akma hududu denir.

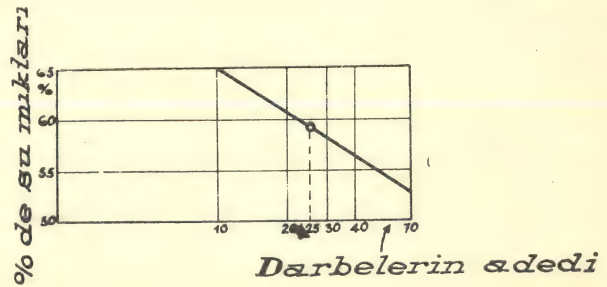
Akma hududunun bilvasıta tesbiti en iyisi (şekil 16) da gösterildiği veçhile akma münhanisinin müteaddit noktalarının tesbiti suretile elde edilir.

Münhninin tesbiti için fasla mihverine malzemenin akmasına lüzumlu olan darbelerin adedi ve tertip mihverine de nümunede mevcut su muhteviyatının yüzdesi tersim edilir.

Zemin ne kadar akıcı ise yani nümunede suyun miktarı ne kadar fazla ise malzemenin akması o nisbette az darbelere ihtiyaç gösterir. Su miktarının tesbiti evvelce mesamat emsalinin tesbitinde kullanılan tartma usulünün tatbiki ile olur.

b — Dağılma hududu.

Nümunenin dağılma hududunun tesbiti için nümune 3 m/m kalınlığında rule halinde kıvrılmış sünger kâğıdının içerisine sarılarak içindeki su miktarı emdirilir. Su emildikten sonra nümune malzemesi birbirinden ayrılmaya başlar. Bundan sonra malzeme dahilindeki su miktarı tesbit edilir.



Şekil : 16

c — Şekil muhafaza etme hududu:

Nümunenin içindeki su miktarının kurutma ameliyatı devam ettiği halde malzeme hacminin tenakus etmediği huduttur. Bu suretle nümunenin tamamıyla kurumuş hacmi de tesbit edilmiş olur. (Yani hacim sıkleti tesbiti gibi). Su miktarı ise bilhesap bulunur. Akma hududu ile değilma hududu arasındaki tefazula plastikiyet emsali namı verilir.

1933 senesinde büyük barajlar hakkında Stokholm'da aktolunan birinci kongrede mühendis inşaatında ve bâhusus toprak barajlar inşasındaki zemin esas emsallerinin tesbiti ile iştigal edilmiş ve İngiltere, Macaristan, Holanda, İsveç, Çekoslovakya, Fransa, Japonya, İsviçre, Almanya ve Avusturya mümessilleri bu husus hakkında ayrı ayrı fikir ve mütalealarını beyan etmişlerdir.

İsviçre murahhası Gruner, Almanya mürahhası Seiffert ve Avusturya murahhası Terzaghi kitapta zikr ve mütalea ettiğimiz yedi esas emsal üzerinde mutabık kalmışlardır. Dr. Gruner 6 emsal ile iktifa etmektedir.

Aşağıda gösterilen cetvel bu emsal hakkında elde edilen neticeyi ihtiva etmektedir. Bu cetvel profesör Terzaghinin bir raporundan iktibas edilmiştir.

Granulometrik terkinin bilinmesi halinde muhtelif netayicin elde edilmesi temin olunur. Bâhusus Stokholm kongresinin neşrettiği neticelere göre âtideki hususların nazarı dikkate alınması icap etmektedir:

- a) Tanelerin mütesavi şekillerile kaymağa karşı istidatları arasındaki münasebet,
- b) 0.006 m/m den aşağı olan ebaddaki kısımların yüzde nisbetleri veyahut 0.002 m/m den dîn olanların dahilî delk zaviyesi ile nisbetleri,
- c) Atterberg'in plastikiyet emsali ile dahilî delk zaviyesinin münasebetleri,
- d) Holanda mümessilinin ifadelerine nazaran bir taraftan akma ve yapışma hudutları arasında diğer taraftan da malzemenin metaneti arasında münasebetler mevcuttur. Bu ise izaha muhtaçtır.

Cetvel No. 1

| E M S A L | Binnie (İngiliz) | Dieter (Macar) | Van Es (Hollanda) | Fellimus (İsviçre) | Fiedler (Ç.Slovak.) | Frontard (Fransa) | Motoki Ono (Jap.) | Gruner (İsviçre) | Seifert (Almanya) | Smrcek (Çekosl.) | Terzaghi (Avust.) | Y E K Ü N |
|-----------|------------------|----------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |

I. — Muvazenet ve nufuziyet hesabına mahsus cetvel

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1) Delk ve rabita emsali | . | . | . | 1 | . | 1 | . | 1 | 1 | . | 1 | 5 |
| 2) Nnfuziyet emsali | 1 | 1 | 1 | . | . | . | . | 1 | 1 | . | 1 | 6 |

II. — Dane büyüklüğü ve istif rabitası

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3) Dane büyüklüğü (Mihani-ki tahlil) | 1 | 1 | . | . | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 |
| 4) Kuru maddenin izafi sıkleti | . | . | . | . | 1 | . | 1 | 1 | 1 | . | 1 | 5 |
| 5) Su muhteviyatı | . | . | . | 1 | . | . | 1 | 1 | 1 | . | 1 | 5 |
| 6) Sıkıştırılma kabiliyeti | . | . | . | . | . | . | . | 1 | 1 | . | 1 | 3 |

III. — Vabeste emsali

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7) Atterberg hududu | . | . | 1 | . | . | . | 1 | . | 1 | . | 1 | 4 |
| 8) Tekabbuz emsali | 1 | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | 2 |
| 9) Normal vabeste emsali | . | . | . | 1 | . | . | 1 | . | . | . | . | 2 |
| 10) kuru maddenin cer mukavemeti | 1 | . | . | . | . | . | 1 | . | . | . | . | 2 |

Cetvelin mütaleasında 4 No. lı haneye malzemenin bazı hassalarının dercedildiği görülür. Meselâ: Malzemenin saariyeti, su alma kabiliyeti, hava alma kabiliyeti, dağılma sürati, kireç muhteviyatı ve saire yazılıdır. Bunlar büyük bir ehemmiyet kesbetmekte olduklarından burada uzun uzadıya izahat verilmiyecektir. Fikir ve mütalealarını beyan eden mütehassıslardan 1, 2 mütehasıstan fazlası bu emsalin zemin fiziki noktai nazarından lüzumlu olmadıkları kararını vermişlerdir.

b. Doğrudan doğruya inşaat mahallinde icra edilen tecrübeler:

1 — Tahdit edilmiş bir kaide sathı üzerine tahmil tecrübeleri (bu tecrübe ya üst satıh üzerinde veyahut münasip bir derinlikte icra edilir.)

2 — Tecrübe kazıklarının münferit veya grup halinde çakılması,

3 — Temel ile inşaat zemini arasındaki kayma mukavemetinin tesbiti için makaslama tecrübesi,

- 4 — Terzaghi usulü ile ve hidrolik sondaj yolu ile sondaj yapmak,
- 5 — Zamana tâbi olmak üzere temel çöküntülerinin tayini için irtifa röperlerinin nivelmanı,
- 6 — İnşaat temelini dinamik usullerle muayenesi,
- 7 — Elektrik usulüyle sondaj icrası,

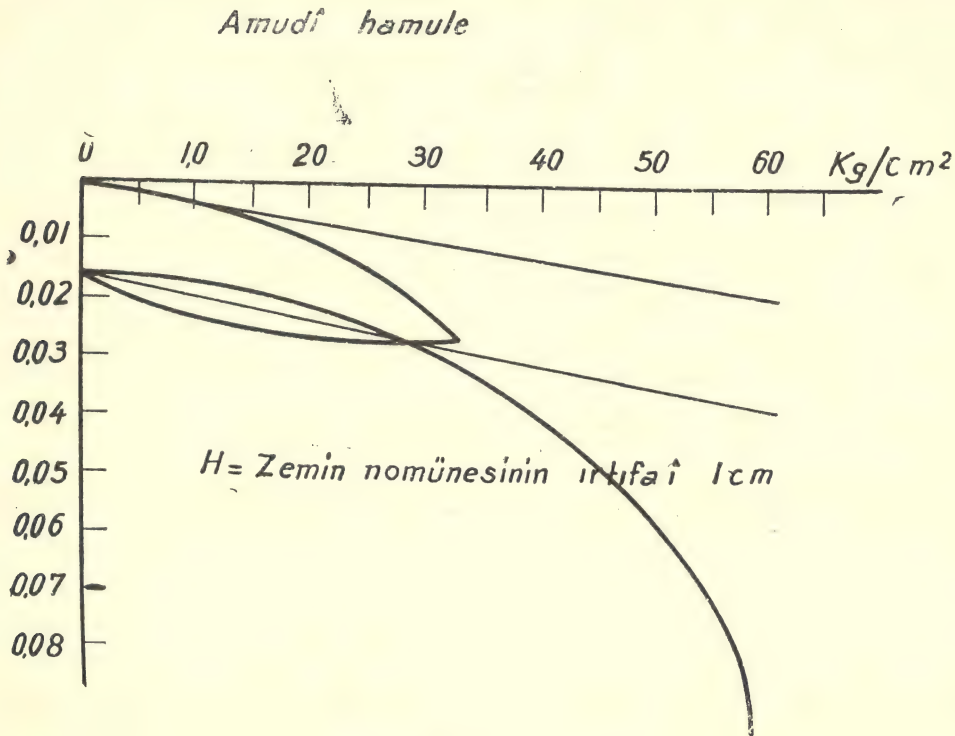
1. Mahdut zemin sathı üzerinde tahmil tecrübesi

Temel malzemesinin inşaat çukuru tabanına konulacak hamule tecrübesi ile mukavemetini küçük bir mikyasta tayine çalışmak Terzaghinin [1] dediği gibi meseleyi ancak sathî bir surette tetkik etmek demek olur.

Bu gibi tahmil tecrübelerinin neticelerine yukarıda beyan edildiği esbaptan dolayı gayet az itimât etmelidir. Temel hakkındaki kat'î fikir ve mütalea ancak asrî zemin fizikinin maksada muvafık bir surette yani evvelce anlatıldığı şekilde esas ittihaz edilerek tatbik edildiği takdirde elde edilebilir.

Bu gibi temel tahmil tecrübeleri ve temel inşaatı hakkında yazılan malûm kitaplarda lâzım olduğu kadar malûmat mevcut olduğu cihetle bu hususa yalnız kısaca temas edilecektir.

Tahmil tecrübelerinin prensibi zemine konulacak hamuleleri ya doğrudan doğruya sulp bir levha üzerine koyarak veyahut hamuleyi bu levhaya bilvasıta yani bir manivelâ tesiriyle yüklemekten ibarettir. Şayet büyük hamulelerin yüklenilmesi müşkülâtlı ise o vakit manivelâ usulü tatbik olunur. Tahmilden dolayı hasıl olan çökmeler mesaha edilerek birbirine amut olan iki hat üzerine ve hamuleye tâbi olmak üzere çizilir. Busevretle elde edilen diyagrama hamule çökme diyagramı denir. Nümunesi şekil 17 de gösterilmiştir. Burada tahmil tecrübesinde tatbik edilen 3 usul anlatılacaktır:



Şekil : 17

[1] Redlich — Terzaghi — Kampe, Ingenieur geologie Wien 8 Berlin 1929, sahife 470 - 471 : «Tragfähigkeit des Baugrundes und die Setzungserscheinungen. Buna müracaat.

gösteren bir taksimat mikyasını haizdir. İbrenin bilâhare irae ettiği miktar iğnenin battığı miktarın 5 mislini ifade eder. Bu suretle iğnenin 6 veya 4 m/m batması halinde ibre müş'iri 30 veya 20 m/m taksimatı üzerinde bulunmasına sebep olur. Stern usulündeki tecrübeden iki misli emniyet talep edildiği takdirde (15) No. lı muadeledeki K zemin tazyikinin nısfını almak lâzımdır.

Misal: İbre 20 m/m yi gösterdiği zaman terazi gözüne konulan hamule 35 klogram olursa o vakit zemin tazyik miktarı 15. inci muadele mucibince:

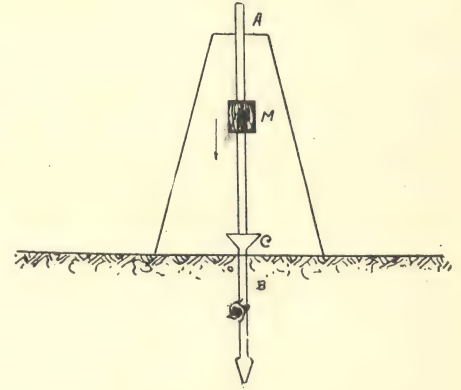
$$K = \frac{35}{10} = 3,5 \text{ Kg./cm}^2. \quad \text{bulunur.}$$

ve tecviz olunan zemin tazyiki için 2 misli bir emniyet emsali alınırsa

$$\sigma = \frac{K}{2} = 1.75 \text{ kg./cm}^2. \quad \text{bulunur.}$$

b) Zemin muayenesinin şekil 19 daki kompresimetre ile tarzı icrası:

Durzingfang her hangi bir zeminin taşıma kabiliyetini mesaha etmek için, yani zeminin tehlikeli plâstik çökmeler yapmaksızın taşıyabileceği vahit hamulenin tesbitine yarıyan âletin nazari ve ameli vasfını tarif etmiştir. Yukarıda tarfi edilen Stern âletine mukabil kompresimetre ile yapılan tecrübeler zeminin dinamik karakteri hakkında bir fikir verebilir. P sıkletinde olan M tokmağı, H irtifaında p sıkletinde ve F maktamda olan bir kazığa düşürülür. Bu düşürmeden dolayı kazık zemine h derinliğine kadar v iptidaî süratle ve R mukavemetiyle girirse; o vakit:



Şekil : 19

$$R \cdot h = \frac{1}{2} \left(\frac{P + p}{g} \right) \cdot v^2 \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$\text{ve} \quad P \cdot v = (P + p) \cdot v \quad \dots\dots\dots (17)$$

olur. İşbu muadelede V, şahmerdan tokmağının H irtifaındaki sukutunda hasıl olan münteha süratini ifade eder. Binaenaleyh

$$V = \sqrt{2g \cdot H} \quad ; \text{ bundan :}$$

$$v = \frac{P}{P + p} \sqrt{2g \cdot H}$$

$$\text{ve} \quad R = \frac{P^2 \cdot H}{(P + p) \cdot h} \quad \dots\dots\dots (18)$$

Buna göre zemin tazyik gerilmesi miktarı:

$$\sigma = \frac{R}{F} = \frac{P^2 \cdot H}{(P + p) \cdot h \cdot F} \quad \dots\dots\dots (19)$$

olur.

Muayyen bir âlet için P, p, F ve H miktarları sabit ve h zemine nüfuz derinliği mütehavvil olduğu cihetle (19) No. lu muadele (K) bir sabiti göstermek üzere

$$\sigma = \frac{k}{h} \quad \dots\dots\dots (20)$$

şeklinde yazılabilir.

İşbu muadelede sabit kıymeti haiz olan K. âtideki şekilde bir kıymeti haizdir.

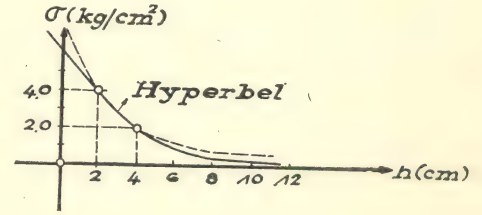
$$K = \frac{P^2 \cdot H}{(P + p) F} \dots\dots\dots (21)$$

20 No. lu muadele sakeyn bir kat'ı zaid ifade eder. Bu âlette Durzingfang tarafından intihap edilen eb'ada göre $K = 8$ olur. Ve binaenaleyh 20 No.lu muadelede:

$$\sigma = \frac{8.0}{h} \dots\dots\dots (22)$$

Bu formül kazığın $h = 2$ den 4 cm. ye kadar inmesindeki zeminin tecviz edilen tazyik miktarını irae eder. (Şekil 20).

Çakılan kazık zemine 2 cm. den dün girdiği takdirde kat'ı zaitteki vaziyeti mümasa yaklaşık ve 4 cm. den fazla indiği takdirde mümasi kat'ı zait şeklini alır. Bu vaziyet şekilde gösterilmiştir. Bu suretle formüle bu hâdiseye göre olan mikdarlar konulduktâ;



$$h = 12 \text{ cm ve } \sigma = 0,3 \text{ kg/cm}^2$$

Şekil : 20

Yalnız kat'ı zâidin eski vaziyeti nazarı itibara alınmış olsaydı $\sigma = 0.67 \text{ kg./cm}^2$ elde edilecekti ki bu da hakikî miktarının 2 mislini ifade eder.

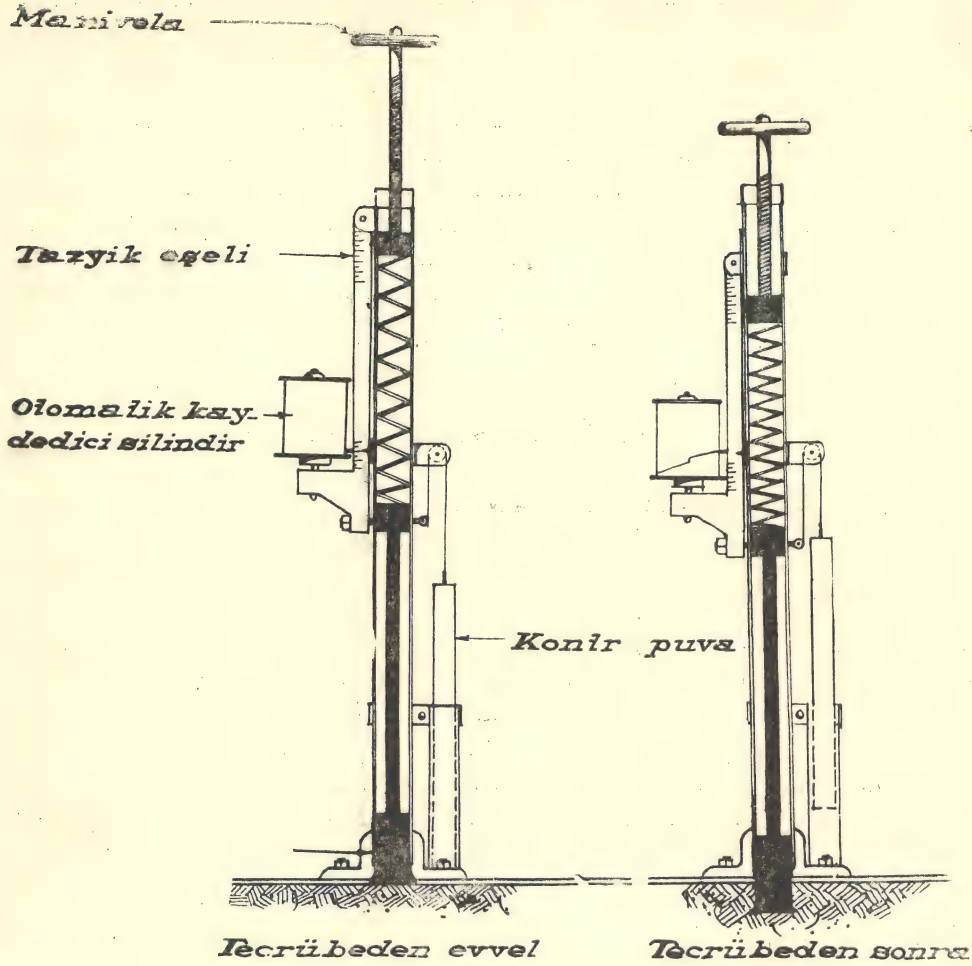
Basit ve ameli bir surette tertip edilmiş olan âlet şekil 19 da görülmektedir. Kazık 1,7 m. tulünde ve $F = 1 \text{ cm}^2$ makta sathına malik A. B madenî çubuğundan ibarettir. Bu çubuk alt kısmında konsolvari bir C başlık levhasıyla mücehhezdir ve alt tarafındaki A mahallinde milimetre taksimatlı bir mira ile bağlanmış ve hey'eti umumiyesi 3 ayaklı bir sehpa üzerine konulmuştur.

M tokmağı kazığın irtifaında hareket eder ve azamî irtifa'a kadar yukarıya kaldırılır. Bu esnada konsola dayanır. Bundan sonra aşağıya düşürülen tokmağın tesiriyle zemin içerisinde hâsıl olan batma h miktarı okunur.

c) Zemin muayenesi için henüz az tanınmış olan yeni bir âlet icat edilmiştir. Bu âlet Holandalı Van der Meer tarafından yapılmış ve adına Geoptosimetre denilmiştir. Bu âlet esas itibariyle 10 cm. murabhaında bir makta'a malik ve çelikten mamul bir pistondan ibaret olup bu piston helezonî bir yay vasıtasıyla zemine nüfuz eder. (Şekil 21) de gösterildiği veçhile bu ameliye el ile dönen bir tekerlek vasıtasıyla temin edilir. 0 ilâ 8 kg./cm^2 arasında tahavvül eden zemin tazyiki yaylı dinamometre vasıtasıyla ölçülür. Pistonun sathı müstedirine sıkıca temas eden bir çerçeve de taksimat mevcuttur. Bu taksimat sayesinde sabit bir üstüvaneye nazaran pistonun nüfuz ettiği miktar ölçülür. İkinci bir taksimat, husule gelen tazyikleri ölçer. Milimetre kâğıdı ile sarılı olan silindir nüfuz miktarlarının otomatik olarak kayd edilmelerine hizmet eder. Bütün bu âlet çelikten mamul bir taban levhası üzerine monte edilmiştir. Bu levha sıkleti icra etmek için âleti işletecek şahsın üzerinde durmasına müsaittir. Aletin bütün müteharrik parçaları tecrübenin başlangıcında 0 rakamı okunacak surette kontrpuva ile ayar edilmiştir.

Aletin azamî olarak okumağa müsaade ettiği nüfuziyet miktarı 4 cm. dir. Azamî tazyiki ise 80 Kg. dir. Yani 8 Kg./cm^2 dir. Bu miktarın zeminin tahammülü noktasından tecviz edilen umumî tazyik miktarlarından fazla olduğu aşikârdır. Bittabi kaya zeminleri müstesnadır. Bütün bu âlet 11,5 Kg. sikletinde olduğu cihetle her yere kolaylıkla kabili nakildir.

Yapılan misallerin irae ettiği veçhile hamule çökme diyagramının kıymetleri ilk önce muayyen bir mesafe için müstakim bir hat olup bilâhare birdenbire istikametlerini değiştirerek bir inhiraf naktası arz etmektedirler. Bu inhiraf noktaları elâstikiyetin hududunu ifade etmektedir ki esnayı tahmilde bu emniyet hududu hiç bir vakit geçilmemelidir.



Şekil : 21 — Koptosimeter.

Aletin mucidi sabit bir hamule ile yapılan tahmilde istampanın zemine nüfuz miktarının istampanın eb'adiyle ne dereceye kadar olâkadar olduğunu tesbite çalışmış ve bu hususun tesbiti için tecrübeler yapılmasını tavsiye etmiştir. Bu gibi tecrübeler evvelce Kögler, Eichhorn ve Press tarafından yapılmış olup bunlar hakkında bu kitabın 2 inci faslında izahat verilecektir. Zemindeki çökme miktarının tahmil sathile olan alâkası nazari olarak müteaddit detalar tesbit edilmiş ve bâhusus Dr. Fröhlich tarafından dakik ve İng. Fischer tarafından takribî olarak halledilmiştir. Bunlar hakkında gelecek fasılda izahat verilecektir. Her halde temel işi ile uğraşan mühendisler muayyen bir tahmil ile temelin çökme miktarının temel sathının eb'adiyle çoğaldığını veya hut bilâkis zemin plâkının sabit vahit hamule altında zemine girme mukavemetinin plâkın eb'adı büyüdükçe tenakus ettiğini söylemektedirler.

2. Tecrübe kazıkları ile kazık gruplarının çakılması

Tecrübe kazıklarında, hamule kazık başlığı üzerine oturtulur. Yani kazık başlıkları üzerine ağır kirişler konur. Ve bu kirişlere demir rayları, kum torbaları, tuğlalar, su kazanları ve saire yükletilir. Mühendis Fischer'in bizzat yaptığı bir âlette, hamule, zincirlerle ankraj edilmiş gergin bir sütun vasıtasıyla konmaktadır. Ankraj, gayet sağlam demirden yapılan ve demir tutan anahatlarla mücehhez kazıklarla yapılmaktadır. Bu usulün tatbikinde bir hamule koymağa ihtiyaç kalmamaktadır. Çökmelerin fasilalarla tezyit edilecek; tazyik ile hasıl olacak miktarı buna mahsus

müş'irden okunur ve ona göre diyagramı çizilir. Bu esnada kil ve marn gibi rabitalı zeminlerde tazyikin çoğalması için zaman fasıllarını büyük intihap etmek lâzımdır. Sebebi ise, rabitalı zeminlerin tedricî ve pek çok defalar gayet batî tahaccür veya tasallûp etmeleridir. Bu hususta kitabın 3 üncü faslında geniş izahat verilecektir.

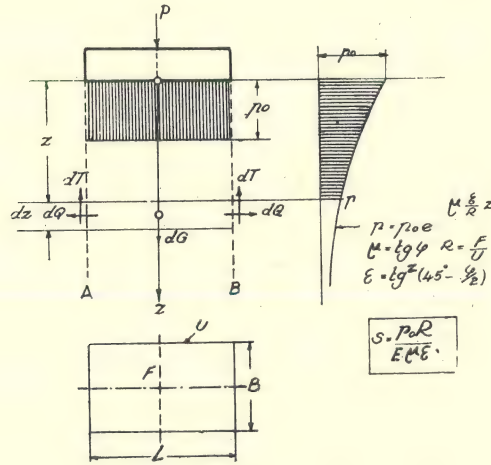
Kazık gruplarının çakılmasında n adet kazıktan mürekkep bir grupun mütecanis bir zeminde vâki mecmu tazyikinın ancak $1/n$ mislini münferit bir kazığın taşıyabildiği göz önünde tutulmalıdır. Sebebi ise, her bir kazığın mahrutu kaim şeklinde ve kaidesi alt tarafta bulunan bir tesir mantıkasına malik olmasından bu tesir mantıklarının kazıkların sıkı olduğu zaman yekdiğerini kat etmeleridir. Bu takdirde kazık grubunun taşıma kabiliyeti azalır. Bu husus Göteberg'de İsveçliler tarafından yapılan tecrübelerle Terzaghi'nin verdiği izahattan tahakkuk etmektedir.

3. Tahmil tecrübesinin mütakâmil şekilleri:

Mütakâmil tahmil tecrübeleri mecmu zemin mukavemetini bir temelin dip mukavemeti ile sathı müstedir delkinden ibaret iki esaslı rüknün e ayırmak esasına müstenittir.

Michigan'lı profesör Housel'in usulü [1]

Küçük sathlar üzerinde yapılan statik tahmil tecrübeleri inşaat mühendislerince öteden beri malûmdur. Bu hususta muhtelif aletler kullanılır. Biz yalnız (Stern) in âletini «Schwedische Kegelprobe» yi «Sondbornig» i, su «vérin» lerini ve ilâh.. zikredeceğiz. Maalesef, bütün bu tecrübelerin verdiği neticeler tatmin edici olmaktan uzaktır. Zira bugün malûmdur ki sabit bir hamule tahtında batma miktarlar: aynı bir zemin için muayyen ve sabit bir kıymeti haiz olmayıp bilâkis, mütehavvil oldukları gibi tahmil edilen sathın gerek ebadına gerekse şekline vâsi mikyasta tâbidirler. (Aichhorn) un pek maruf olan tecrübeleri (Şekil I) bu vâkıayı vazih surette ispat eder. Temel a-



Şekil: I — Fişere göre tasmanların hesabı

meliyatında, bütün statik tahmil tecrübelerinin şimdiye kadar keyfî ve ekseriya gayet küçük olan bir tek sath üzerinde yapılmış olması dolayisile ve bilhassa bina temellerinin sathlarının tecrübelerdeki tahmil sathlarının umumiyetle birkaç misli olduğu nazarı itibara alınırsa bu tecrübelerden alınan neticelerin oldukça şüpheli ve mutlak surette esassız olduğu iddia edilebilir.

[1] W. S. Housel, temellerin tatbiki ve zemin mihaniki «Beynelmîl Köprüler ve İskeleler birliğinin ikinci kongresi nihai rapor Berlin 1939.

Küçük bir sath üzerinde yapılan tecrübelerden alınan neticeleri bir binanın temellerinin büyük sathlarına teşmil etmek mutlak surette muzlim bir iştir. Fakat son zamanlarda ortaya konulan Amerikan usulleri vaziyeti değiştirmiştir.

Birleşik Amerika Hükûmetlerinden Michigan'da «Sivil mühendislik dairesi» ne mensup W. S. Housel beynelmilel köprüler ve iskeleler birliğinin 1936 senesinde Berlinde akdettiği ikinci konferansında bu mesele üzerine nazarı dikkati celbetmişti. Houselin, kendi yapmış olduğu tecrübelerden bahseden raporu gayet vazih olup temel meselelerle meşgul olan bütün mühendisler tarafından nazarı itibara alınmaya değer.

Amerikalı müdekkik, evvelâ, bir tek sath üzerinde yapılan statik tahmil tecrübelerinin kanaatbahş neticeler veremeyeceğini ileri sürüyor ve bundan şunu istintaç ediyor ki mühendisler tarafından mazide yapılmış olan statik tahmil tecrübelerinin ekserisi ve bugün temel ameliyatında yapılmakta olan bu nevi tecrübelerin büyük bir kısmı mutlak surette hakikatten çok uzak neticeler vermektedir.

Michigan'da niçin muhtelif şekil ve büyüklükte sathlar kullanılarak tecrübeler yapılmış olduğu bu izahattan kolayca anlaşılır. Bu tecrübeler, (murabbaî, dairevî yahut mustatilî olabilen) kaide şeklinin, aynı zamanda tahmil sathı eb'adının tesirini tetkik etmek ve dolayısıyla, mecmu mukavemetinin, kaide mukavemeti ile çevre delkinden ibaret iki esas unsurunu tefrik etmek maksadile yapılmıştır.

Bu tecrübelerde varılan ilk netice şu olmuştur. Yuvarlak şekil (daire şekli) bu nevi tecrübeler için en mükemmel ve ideal bir şekildir. Zira toprak altı tazyiklerinin az çok mütেকâsif bir tahmil civarında intişarı, mahrutî sathlar istikametince vuku bulmakta ve bu yüzden murabbaî bir sathın köşeleri mukavemete iştirâk etmemektedir.

Bunun üzerine Housel 1, 2, 4 kadem murabbainı müsavî muhtelif mesahaları haiz dairevî sathlarla yaptığı on beş seri tecrübeye istinat ederek zeminin mecmu P mukavemetinin S müstedir sathına taksiminden çıkan harici kıymet arasında hattî bir münasebet bulunduğunun büyük bir takribiyetle kabul edilebileceği neticesine varmıştır. Yani:

$$p = n + m. \left(\frac{P}{S} \right) \dots\dots\dots (I)$$

Bu münasebetteki «m» ve «n» zemininin bünyesine tâbî iki sabit kıymettir. Derhal görülebildiği veçhile «n» miktarı temel kaidenin vahit sathına isabet eden mukavemeti irae eder «m» ise tahmil edilen sathın altındaki zemin kısmı için çevrenin (metre olarak) vahit tulüne isabet eden delk kıymetinden ibarettir. «m» ile «n» in tayin edilmesi için (P) ile $\left(\frac{P}{S} \right)$ in mütenazır kıymetlerinden birer çiftini ihtiva etmek üzere (1) şeklindeki muadelelerden iki tanesi elde edilmiş olmalıdır. Mahaza «ekalli murabbaat» kanunu ile hatâyı tevzin edebilmek için nazariyenin gösterdiğinden daha fazla adette tecrübe yapılmalı, yani muhtelif sathlarla daha doğrusu $\left(\frac{P}{S} \right)$ in muhtelif kıymetleri ile her halde iki ve en aşığı üç tecrübe yapılmalıdır.

D kutrunda daire şeklini haiz bir kaide için:

$$\frac{P}{s} = \frac{4}{D} \dots\dots\dots (II)$$

yazılabilir ve (1) muadelesi şu şekle girer:

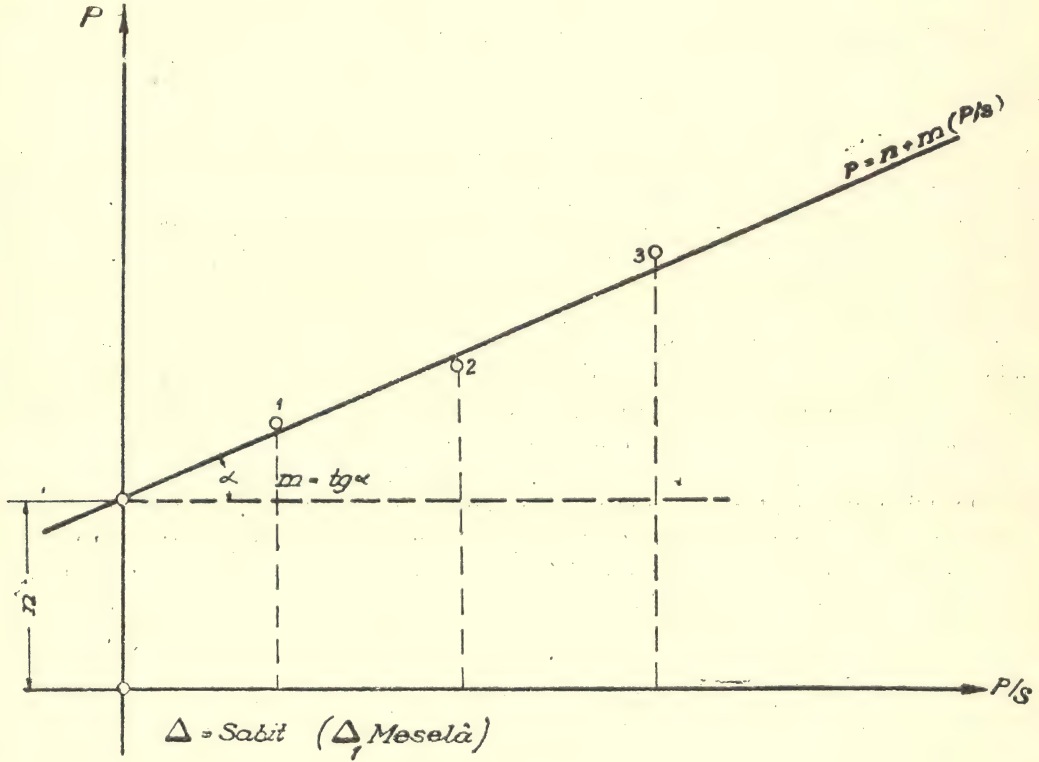
$$p = n + \frac{m'}{D} \dots\dots\dots (Ia)$$

Bu sonucu münasebette:

$$m' = 4 m$$

vazolunmuştur.

(Şekil II), vahit imtidadındaki zeminin mukavemetine müsavi p ile müstedir sathın bir metre murabbına müsadif mukavemetten ibareti $(\frac{P}{S})$ in üç çift kıymetinin tevzin edilmesi suretile « m » (m') ve « n » miktarlarının taharrisini bir grafikte irae etmektedir. «Tahmil - Batma» diyagramla-



Şekil: II.

rından üç tanesi ianesiyle (Δ) tasman miktarlarının muhtelif kıymetlerine tekabül eden « m » ve « n » kıymetleri bulunabilir. Şekil III ve IV e bakınız) ve « m » ile « n » için birer münhani çizilebilir. Fakat bir temel kaidesinin kritik tahmili yani cüzî arttırılmasile mütemadî (daimî) batına vukua gelen tahmil, doğrudan doğruya « m » ile « n » e tâbi olmayıp K_1 ve K_{II} diye tesmiye edilen ve ifadeleri aşağıda gösterilen diğer iki miktarın tâbiidir.

$$K_1 = \frac{\Delta}{n} \quad (III)$$

$$K_{II} = \frac{m}{n} \quad (IV)$$

Kritik tahmil ya K_1 in asgarisine ya K_{II} nin azamisine tekabül eder. Basit bir mülâhaza bu kaziyesinin sıhhatini isbat edebilir.

K_1 kıymetleri (III münasebeti mucibince) bidayette (küçük tasmanlar için) tenakus edecek-

tir. Zira kritik gayeye kadar «n» kıymeti (Δ) dan daha seri olarak tezayüt eder. Bu had geçtikten sonra (mütemadî) Δ tasmanları «n» in kıymetlerinden daha seri olarak tezayüt eder. Tabiri diğerle K_1 in asgarisi zemin mukavemetinin nihayete ermesine ve inkıtasız mütemadî batmaların başlamasına tekabül eder.

Diğer taraftan bir çok hallerde K_{11} nin azamî kıymeti mukavemet haddine vasil olduğunu iş'ar edebilir. Bunun için iltisak kuvveti binnisbe büyük ve dolayısıyla «m» sathı müstedir delki fazla olan ve aynı zamanda dip mukavemeti cüzi bir miktara müsavi bulunan bir zemin mevzuu-bahs olduğunu tasavvur edelim. Temelde meselâ sabih kazıklarla teşkil edilmiş bir temel olsun. Bu takdirde mukavemeti temin eden bilhassa «m» in büyük kıymetleridir. Sathı müstedir delki hıtam buluncaya kadar «m», «n» den daha seri olarak tezayüt edecek, bu hadde vasil olunduktan sonra «n» dip mukavemetinin artık gayrî kâfi gelmesi ve bu had tecavüz edildiği takdirde $\frac{m}{n} = K_{11}$ miktarının tenakus etmeye başlaması dolayısıyla mütemadî batma safhası başlayacaktır. Binaenaleyh, burada kritik haddi bildiren K_{11} nin azamîsidir. Bir kere K_1 min. yahut K_{11} max. bulunduktan sonra herhangi bir temel için kritik tahmilinin hesaplanması kolaydır.

Şekil IV teki diyagramdan, sırasile K_1 min. ve K_{11} max. a tekabül eden «m» ve «n» in kıymetleri istihrâç olunabilir. $\left(\frac{P}{S}\right) m + n = p$ şeklindeki (1) münasebeti kullanılarak ve bir temelin malûm bulunan ebadı için $\left(\frac{P}{S}\right)$ harici kısmının malûm kıymetinden istifade edilerek vahit satha isabet eden kritik p hamulesinin kıymeti bulunur. Bu kıymet emniyet emsaline taksim edilerek zeminin emniyet gerilmesi elde edilir. Nihayet diyagramdan da gerek (K_1 min. veyahut K_{11} max. a tekabül eden) kritik batma miktarı gerekse — kritik batma emniyet emsaline taksim edilerek — hakikî batma miktarı istihrâç olunur. Bu miktar, tasavvur edilen bir temelin altında vuku bulacak muhtemel tasmandan ibarettir. Görülüyord ki Housel'in usulü kullanıldığı takdirde muhtemel çökme miktarlarının kestirilmesi tam bir muvaffakiyetle yapılabilir.

Neticeler üzerinde yapılması lâzım gelen tashihat:

Yukarıda tarif edilen tecrübeleri yaparken aşağıdaki tashihâtı nazarı itibara almak lâzımdır:

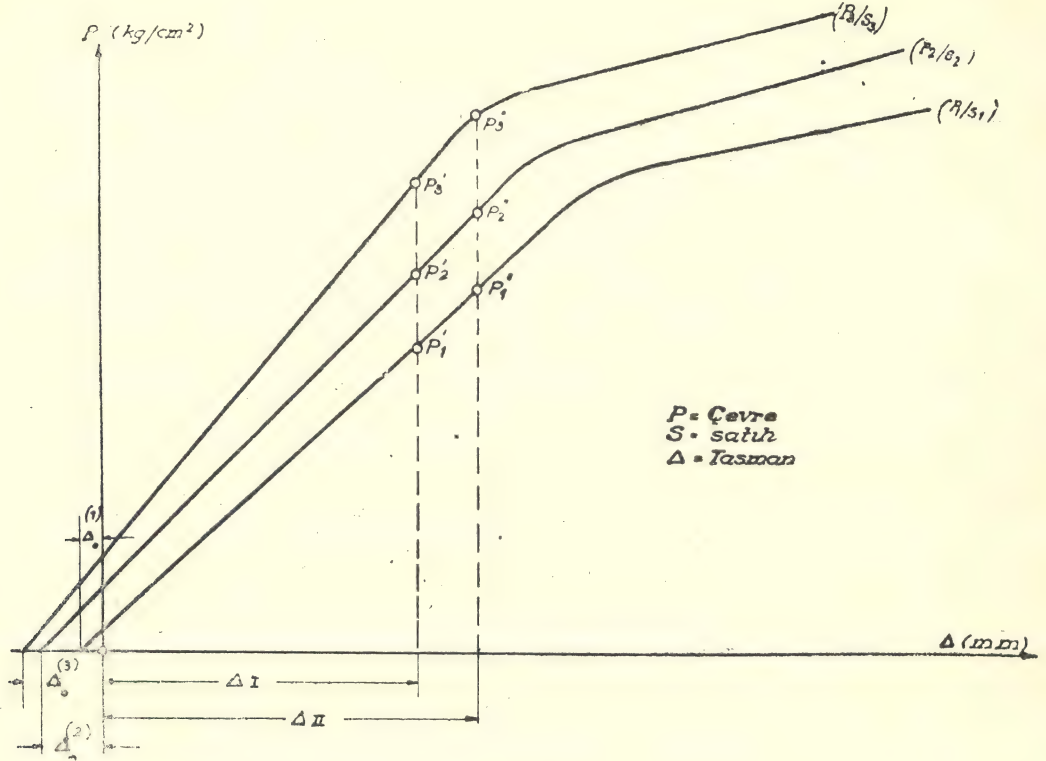
- a) Tazyikin icra edildiği sathı ihata eden kısmın üzerindeki sıkletin tesiri,
- b) Ölü sıkletten yani tecrübe plâkasının vezni ile tecrübe tertibatının ve cenderelerin zatî vezninden dolayı tecrübelerin başlamasından evvel vuku bulmuş olan batma,
- c) Temel sathının zemin seviyesi tahatındaki derinliğinin tesiri,
- d) Zamanın tesiri,

a, c, d maddelerindeki tesirler hakkında tafsilât vermekten sarfınazar ederek bu hususta fazla izahat almak isteyenlerin zikrettiğimiz mehaza başvurmalarını tavsiye edeceğiz. (b) maddesindeki tashihata gelince bu hususta kısa bir izahat vererek müteakip fasılda aynı mevzuu tekrar temas edeceğiz.

b) Maddesinde zikredilen tashihat.

«Tahmil - batma» diyagramını çizerken, tecrübe plâkası ile diğer tertibatın vezinlerinden ibaret bir ölü sıkletin mevcudiyeti dolayısıyla, daha mesahaya başlanmadan evvel zeminin tahmil

edilmiş bulunduğu unutulmamalıdır. Bu hatânın tashihi grafikman (resmî olarak) yapılır. Şöyle ki (Şekil III) de nokta nokta gösterilmiş olan müstakim istikametinde, diyagram geriye doğru müstakimen temdi tolunur. Bu suretle ölü sıklıte tekabül eden Δ_0 tasmanın kıymeti elde edilir. İşte, sabit olan bu kıymetin mevzuubahs batma miktarla rına ilâve edilmesi lâzımdır.



Şekil: III.

Viyanalı Dr. Mühendis O. K. Fröhlich'in usulü [1]

İzmitte «Sümerbank» tarafından yaptırılan kâğıt fabrikası iskelesinin temeli için toprak altına ait tahriyat yapılırken aşağıdaki usul tatbik edilmiştir. Bu iskelenin temelini vücade getirmek için tasavvur edilen beton kazıkların maruz kaldıkları mukavemeti tahlil etmek ve dip mukavemeti ile sathı müstedir delkinden ibaret bulunan iki tesiri birbirinden ayırmak maksadile Dr. Fröhlich yapacağı tecrübeler için 45×45 santimetre maktanda ve 22 metre uzunluğunda bir betonarme kazık intihap etmişti. Bu kazık mecmu tulünün onsekiz metresi toprağın derununa girecek ve geri kalan dört metresi toprağın haricinde kalacak şekilde yere çakıldı. (Şekil V).

Malûm şekilde çizilen ve şekil üzerinde «D» harfi ile irae edilen «tahmil - batma» diyagramını elde etmek için, evvelâ, tahmil tecrübeleri yapıldı.

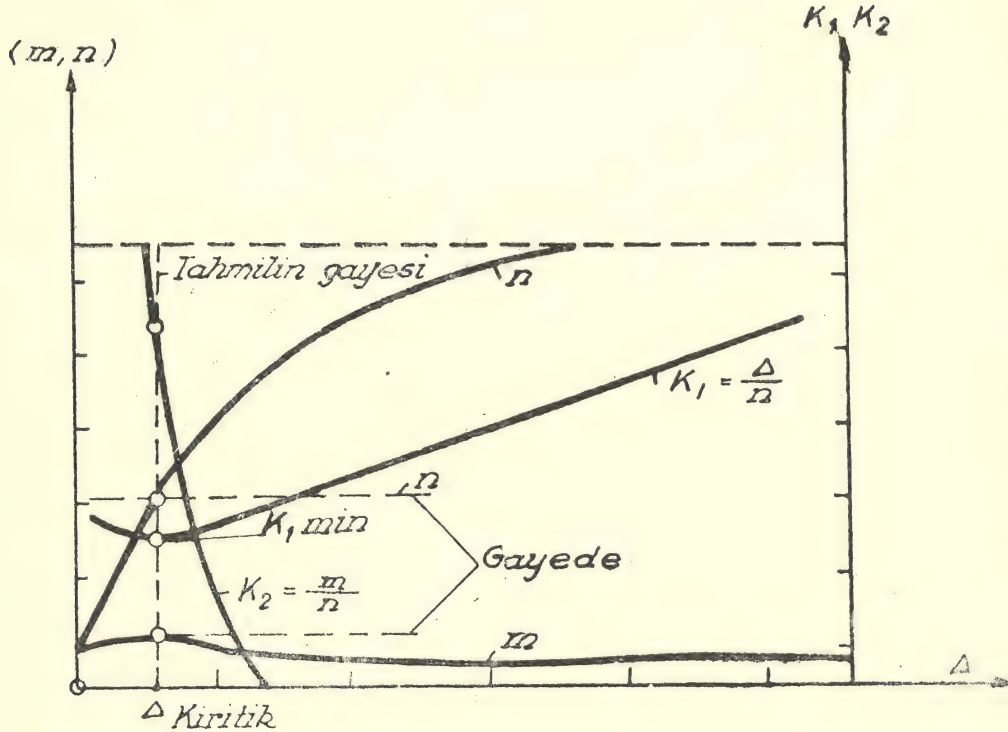
Tahmil tecrübelerinin hitamından onbeş gün sonra Fröhlich, kazığın çıkarılması yani kazığa cer kuvveti tatbik edilerek bir yandan yükselme miktarının ölçülmesi hususunda emir verdi. Bu sonuncu tecrübe sayesinde, «tazyik - batma» diagramına müşabih olmak üzere, şekil üzerinde Z ile karakterize edilmiş bulunan «cer - yükselme» diyagramının çizilmesi mümkün oluyordu. Aşıkârdır ki, bu usulle bulunan cer kuvvetleri sathı müstedirdeki delk kuvvetleri ile (kazığın cenbi delk kuvvetleri ile) aynı kıymeti haizdirler [2]

[1] 1939 senesi Ağustos ayında, Dr. Mühendis O. K. Fröhlich'in Ankara Nafia Vekâletinde verdiği konferans.

[2] Z ile irae edilen cer kuvvetlerinin kıymeti şekil üzerinde «D» nin kıymetlerinden istihraç edildiği cihetle «Z» münhanilerinin tertipleri dip mukavemetlerini ita eder.

Tecrübelerin başlamasından evvel mecmu ölü sıklet (kazığın sıkleti, sous - pression'un kıymeti ve su vérinlerinin ölü sıkleti mecmuu) cer tecrübeleri için 6.0 ton idi.

2 t sıkletinde olan su cenderesi terkedilerek mevzuubahs tecrübe için ölü sıklet 6 0 - 2.0 = 4.0 tona müncer olmuştu. (Şekil V teki diyagrama bakılsın).



Şekil: IV.

18 tcmden ibaret azamî cer kuvveti kazığının daimî yükselmesini temin etmekte, tabiri diğerle bu kuvvet tahtı tesirinde kazığın cerre karşı mukavemeti nihayete ermekte idi. Derhal hamulenin inzali cihetine gidildi ve inzal münhan'si çizildi.

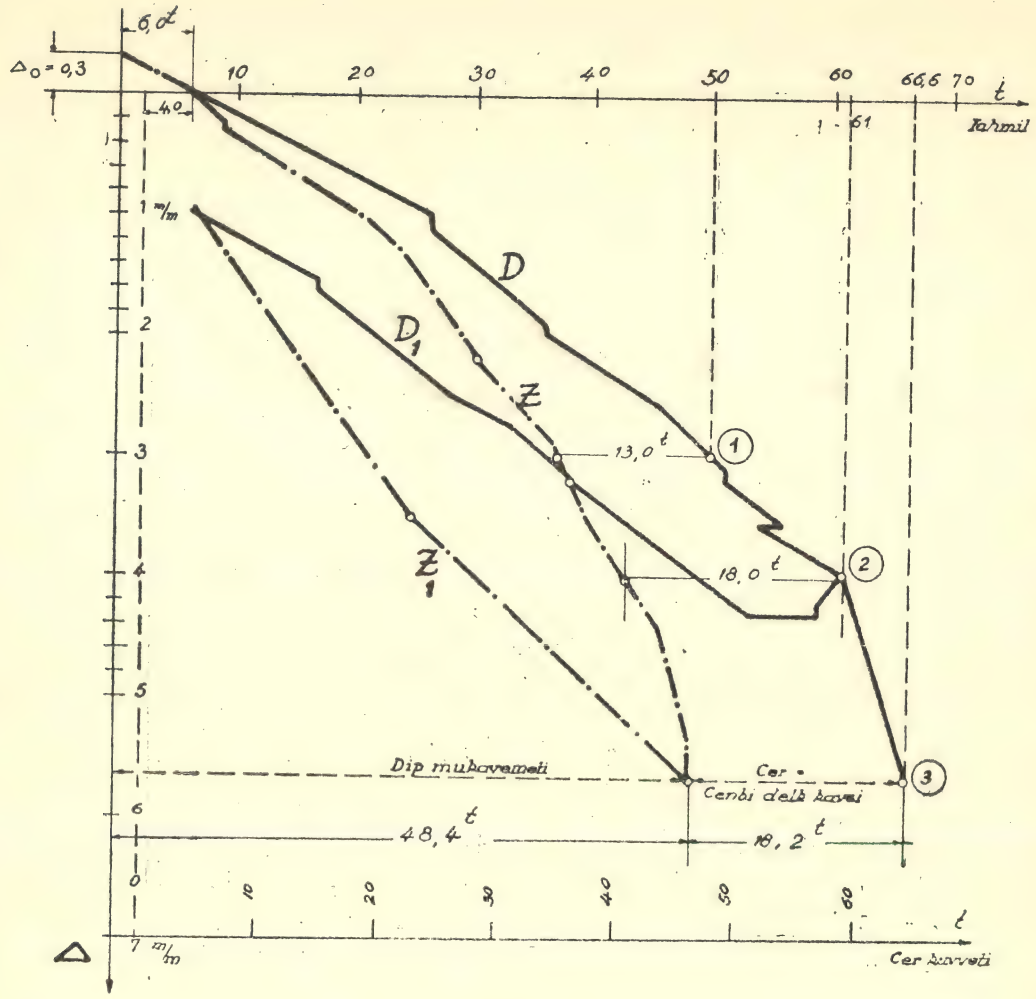
Şurası şüpheden azâdedir ki $66.6 - 4.0 = 62.6$ tondan ibaret bulunan mecmu mukavemet 18 tona balığ olan sathı müstedir delki ile $62.6 - 18.0 = 44.6$ ton kıymetindeki dip mukavemetinden mürekkepti.

Fröhlich'in tarif ettiği usulün kullanılması sayesinde evvelce anlatılan tecrübeleri yapmağa hacet kalmaz, yani muhtelif tahmil satırları ile birkaç seri tecrübe yapmak lüzumu ortadan kalkar. Zira, çevre delkinin «cer kuvveti» şeklinde doğrudan doğruya tayini sayesinde mecmu zemin mukavemetinin, dip mukavemeti ile çevre delkinden ibaret aksamı asliyesine tahlili muvaffakiyetle ve hiç bir müşkülâta maruz kalmaksızın mümkün olmaktadır.

Bundan sonra m , n , K_1 ve K_{11} karakteristik kıymetlerini kolayca bulabiliriz. İşte bu miktarların hesabını aşağıda gösteriyoruz:

m , n , K_1 ve K_{11} zemin karakteristiklerinin tayini,

Yukarıdaki izahata nazaran, «tahmil - betma» diyagramının (şekil V) üç noktası için bu hesabı yapmak çok alâkalı ve istifadelidir.



Şekil: V.

Yapılacak hesaba ait malûmat aşağıdaki cetvele dercolumuştur.

Cetvel

| Batma miktarı | Tazyik Pr. | Cer | Dip mukavemeti |
|---------------|------------|------|----------------|
| Δ | Pr | Z | w |
| 1) 3.0 mm. | 50 t | 13.0 | 37.0 t |
| 2) 4.0 mm. | 61 t | 18.0 | 43.0 t |
| 3) 5.64 mm. | 66.6 t | 18.2 | 48.4 t |

Ölü sıklet dolayısıyla tashihat yapılarak 6.0 tona müsavi bir tahmil farkı için $\Delta_0 = 0.3$ mm kadar bir batma miktarı bulunur. Bu kıymet, «tahmil - batma» diyagram kıymetinin geriye doğru müstakimen temdidî ile elde edilir. (Şekle bakınız). Binaenaleyh, tashih edilmiş batma miktarları:

- 1) $\Delta_1' = 4.0 + 0.3 = 4.3$ mm.
- 2) $\Delta_2' = 3.0 + 0.3 = 3.3$ mm.
- 3) $\Delta_3' = 5.64 + 0.3 = 5.94$ mm.

olup

sathı $S = 45 \times 45 = 2025 \text{ cm}^2$ ve sath taksim çevre $P/S = 0.089 \text{ cm}$ kıymetleri ianesile :

$$P = n + m \cdot P/S \dots\dots\dots (1)$$

muadelesinden «m» ve «n» miktarlarının kıymeti istihraç olunur.

$$P = Pr/S \quad n = W/S \quad \text{ve} \quad m = (p - n) \cdot S/P$$

Bu suretle diyagramın (1), (2) ve (3) noktaları için:

| | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 1) $n = 18.27 \text{ kg/cm}^2$ | $m = 72.2 \text{ kg/cm}$ |
| 2) $n = 21.23 \text{ kg/cm}^2$ | $m = 100.0 \text{ kg/cm}$ |
| 3) $n = 23.90 \text{ kg/cm}^2$ | $m = 101.1 \text{ kg/cm}$ bulunur. |

Bir kerre daha söyleyelim ki m ve n miktarları tahminin kritik gayesinin neden ibaret bulunduğunu kestirebilmek için kâfi gelmez. Bundan mızada (III) ve (IV) e göre K_1 ve K_{11} miktarlarını hesap etmek icap eder.

$$1 \quad \left\{ \begin{array}{l} K_1 = \frac{0.33}{18.27} = 0.0180 \text{ cm}^3/\text{kg}. \\ K_{11} = \frac{72.2}{18.27} = 3.952 \text{ cm}. \end{array} \right.$$

$$2 \quad \left\{ \begin{array}{l} K_1 = \frac{0.43}{21.23} = 0.0203 \text{ cm}^3/\text{kg}. \\ K_{11} = \frac{100.0}{21.23} = 4.710 \text{ cm}. \end{array} \right.$$

$$3 \quad \left\{ \begin{array}{l} K_1 = \frac{0.594}{23.90} = 0.0249 \text{ cm}^3/\text{kg}. \\ K_{11} = \frac{101.1}{23.90} = 4.230 \text{ cm}. \end{array} \right.$$

Yukarıdaki neticelerden anlaşıldığına göre, K_{11} miktarı (2) inci şıkta azamisine vasil olduğundan bu şık tahminin kritik gayesini teşkil eder. ($Pr = 61000 \text{ kg}$) fakat tazyikin bu kıymetinden 4000 kg ma müsavi ölü sıkleti tenzil etmeyi unutmamalıdır ki, bu suretle kritik tahmil için 57000 kg . kıymeti elde edilir.

İzmitteki iskelenin projesinde kazıkların nafi hamulesi 15 ton olarak kabul edilmiş olup mezkûr inşaat için emniyet emsali:

$$S = \frac{57000}{15000} = 3.80$$

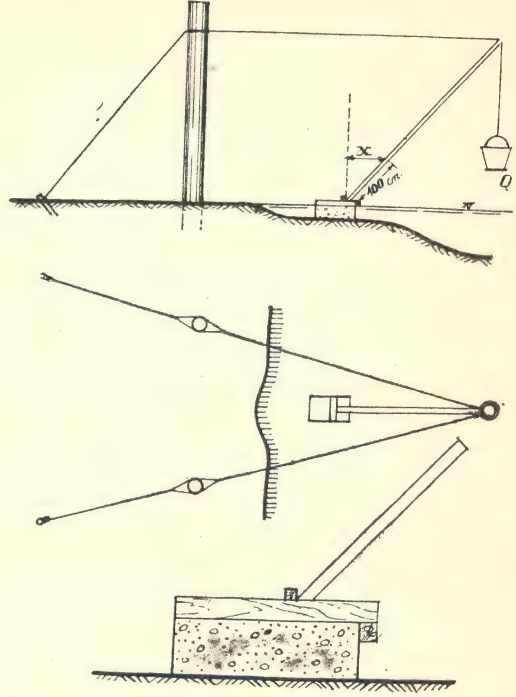
den ibarettir.

Elde edilen netice şu bakımdan hayret uyandıracak mahiyettedir ki kritik hamuleyi veren, tahminin hilâfına olarak diyagramın (3) numaralı noktası değil (2) numaralı noktasıdır. K karakteristik miktarlarını tayin etmemiş olsaydık bu neticeyi elde edemezdik.

3 — Temel inşaat çukuru arasındaki kayma mukavemetinin tesbitine mahsus makaslama tecrübeleri

Braunshweigdeki Pr. Möller zemin ile inşaat malzemesi arasındaki kayma mukavemetinin tesbiti için âtideki usulü tavsiye etmektedir. (Şekil 22, 23, 24).

Ahşaptan mamul bir çubuk alt tarafındaki levhaya mafsallı olarak merbuttur. Bu levha muayene edilecek malzemeden ve meselâ betondan olacaktır. Tecrübe ahşaptan mamul bir kapağın tavassutu ile icra edilir. Tecrübe levhası muayene edilecek zemin malzemesinin üzerine mülâsik olarak konur. Çubuğun yukarıki ucuna muayyen bir Q sıkleti ile bir tesir icra ettirilir. Ufkî bir surette gerilmiş bir veya icabında iki ip ile çubuk yukarıya doğru gerilir. Bu ip şakuli vaziyette bulunan bir kazığa sarılarak tesbit edilir. Bu ipi gevşetmek suretile çubuğun meylinin, en nihayet levhanın kayması vuku buluncaya kadar küçültülmesine devam edilir. (Şekil 24) Tertibat öyle intihap edilmelidir ki muhassala kuvveti levhanın alt kaidesini ortasından kat etsin.



Yapılan tecrübelerden Möller, sağlam yataklanmış bulunan çakıl üzerinde tokmaklanan bir beton gövdenin delk emsalinin; $tg \phi = 0.8$, yani $\phi = 38^\circ 40'$ ya kadar varan bir miktara malik olmasının haddi tecviz dahilinde bulunacağı neticesine varmıştır. Möllerin elde ettiği tecrübe usullerinin her inşaat mahallinde kolay ve zahmetsizce tatbiki mümkündür.

Şekil: 22, 23 ve 24 Malzeme ile zemin arasındaki kayma mukavemetinin tayinine mahsus Prof. M. Müllere göre tecrübe usulleri

4 — Terzaghi usulündeki hidrolik sondajın icra şekli:

Bu âlet esas itibariyle zemine hidrolik bir tazyik vasıtasile sokulan konik bir borudan ibarettir. Mahrutun gömleği; bunun zemine girmesinden mütevellit mukavemet derinliğe tâbi olınıyacak surette yapılmıştır. Mahrutun tesirile oyulan zemin bir su hüzmesi vasıtasıyla harice atılır.

İsveç sondaj aleti helezonî bir burgudan ibaret olup (bu hususta 1914 - 1922 İsveç devlet demiryolları jeoteknik komisyonunun raporuna müracaat) çok miktardaki demir çubuklar zemine sokulur ve 100 kilograma kadar tahmil edilir.

Bu aletin kullanılması âtideki kıymetler tesbit edilir:

Hamule miktarı,

Tedvir manivelâsının devir adedi.

Her tahmil kademesine ait çökme miktarı.

Bu rakamlar sayesinde istihsal edilen neticelerden aynı zemin şeraitine malik mantıklar için ancak mukayeseli kıymetler elde edilir. Bu usul dairesinde büyük inşaat mahallerinde ve uzun olan temellerde bir çok noktalarda yapılacak muayene neticesinde kısa bir zaman zarfında zeminin tecanüsü tesbit edilir.

5 — Temel çöküntülerinin tayini için irtifa röperlerinin vaz'ı ve bunların nivelmanı.

Terzaghi her yazdığı məkalede çöküntü rasatlarının büyük ehemmiyeti olduğunu zikretmek hususunda her fırsattan istifade etmiştir. Türkiyede de temel çöküntülerinin ehemmiyeti çok sene evvel anlaşılmış ve bundan dolayı İstanbul ve Galata rıhtımlarının tasmanlarının rasadına kırk sene evvelden beri başlanmıştır. Bu rasatlara müsteniden tarafımızdan çizilen zaman tasman münhanisi yani tasmanın zamana tâbiyetini gösteren cetvel bu kitabın nihayetine konulmuştur. Bu gibi mesahalar için kullanılan vasıtalar gayet basit olup en ziyade inşaat mahallerinde bulunmaktadır.

Rasat noktası olarak kürsü ayağı, ayak levhası, demir kazık, mesnet duvar taşı veya zemine sokulacak hususî demir çubuk kullanılır. Bina inşasında bu gibi rasat demir çubukları arzu edilen yere röper olarak tesbit olunabilir. Bu yoldaki irtifa mesahaları en ziyade nivelman aleti ile yapılır. İçine girilmesi ve âletin kullanılması müşkül olan yerlerde yani tavanı basık bodrumlarda, rasat hücrelerinde veya köprülerin altında bu mesaha adı su terazilerile yapılır. Bu mesahaların icrası için temellerde, toprak seddelerde, yani tasmanları kontrol edilecek inşaatla tasmana mahsus işaretlerin tertip edilmesi lâzımdır. Bu işaretlere mahsus esas röper sabit levhanın içerisine konan cam borunun içine yukarı ve aşağı hareketini delk ve temas vukubulmaksızın icra edilebilecek ve aynı zamanda tasman husule gelen tabakalara kadar uzanmış bir demir çubuk konur. Mütehasşıs Loos muayene edilecek binanın tasmanı ile alâkadar olan hususatı tesbit etmek ve bundan iyi ve müsbet bir netice alınmasına büyük bir ehemmiyet vermektedir. Bu hususat şunlardır:

- a — Tecrübe sondajlarının neticeleri
- b — Zeminin, inşaatın zati sıkleti ve nafi hamule ile tahmili.
- c — Hamulelerin değıştiğı muayyen zamanların tesbiti.
- d — Mevzuubahs inşaatın yanında bulunan başka inşaat, mürur ve uburdan hasıl olan kuvvetli sarsıntılar, zelzeleler, feyzanlar gibi haricî tesirler.
- e — Rasat noktalarının yukarıda varif edildiğı veçhile ölçülmesi.
- f — Yeraltı su seviyesinin rasat ve mesahası.

6 — Profesör Dr. Hertwig'e göre inşaat zemininin dinamik usuller ile zeminin muayenesi:

Inşaat çukurunun tahmil suretile muayenesi esnasında elde edilecek netice en çok tahmil sathının şekil ve eb'adına tâbidir. Bu husus hakkında gelecek fasılda daha sarıh olarak malûmat verilecektir. Bundan başka elde edilecek netice mahallî ahval tesiri altında bulunur ve en nihayet derinliklere icra edilen tesir en ziyade tahmil sathının eb'adına tâbidir. Evvelce bildirildiğı veçhile bir temel parçasının tasmanı 20 ile 30 metre aşağıda bulunan tabakalardan vücade gelebilir. Bu sebepten dolayı pek nadir hallerde statik bir hamule ile yapılan tecrübe tahmilleri vasıtasile daha derinliklerdeki tabakaların taşıma kabiliyetlerini dahi tesbit etmek mümkündür.

Bundan dolayı diğer malzeme muayene usullerinde olduğu gibi basit statik muayene usulleri yerine dinamik metodlar kullanılmağa başlanmıştır. Bu metodla muayene edilecek zemin ihtizazlara maruz bırakılır. Burada da bu metodun ancak mühim olan taraflarından ve ihtizaz nazariyesine vukufu olmyanlara metodun en mühim hususâtından bahsedilecektir.

Bir ihtizaz makinesi muayene edilecek zeminin üzerine yerleştirilir. Bu makine zemini Sinus münhanisi şeklinde ihtizaz ettirir. Bu ihtizazlara git gide azalan mecburî ihtizazlar denir.

İlk önce ihtizazın şekline göre serbest ve mecburî ihtizaz şekilleri birbirinden tefrik olunur. Bu tefrik keyfiyeti şöyledir: Eğer ihtizaza gelen cismin muvazeneti her hangi bir sebepten

bozularak kendi kendine bırakılır ve bu cisim de serbest olarak ihtizaza başlarsa buna serbest ihtizaz denir. Ve eğer hali ihtizazda bulunan cisim hariçten yeni darbeler vasıtasile ihtizazına devam ettirilir, yani bu cisim hariçten mecburî ihtizazlara tâbî tutulursa buna da mecburî ihtizaz denir. Yeniden tatbik edilen ihtizaz darbeleri cisme bir, iki veya daha fazla ihtizazlar yaptıktan sonra tatbik edilirse bu tesirler toplanarak git gide büyür ve bundan dolayı rezonanslı bir tesir vücade gelir. Darbelerin kuvveti cismin kendi ihtizazlarından daha seri veya daha batı olursa bu darbeler cisimdeki ihtizazları tecil eder.

Mecburî ve fakat git gide azalan ihtizaz hareketi atideki tefazulî muadele ile ifade edilir.

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + c x = P \sin \omega t \dots\dots\dots (23)$$

ve her iki taraf M ile taksim edildikte ve

$$\frac{b}{M} = 2 \lambda \mu ; \quad \frac{c}{M} = \alpha^2 ; \quad \frac{P}{M} = \beta$$

vazılar yapıldıkta muadele aşağıdaki şekli alır.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2 \lambda \frac{dx}{dt} + \alpha^2 x = \beta \sin \omega t \dots\dots\dots (24)$$

İşbu muadelede M ihtizazda bulunan kitleyi, $b \frac{dx}{dt}$ git gide azalan ihtizaz kuvvetini ve Cx elâstiki olan yay vazifesini gören kuvveti, c yay emsalini, $P \sin \omega t$ periyodik dairevî frekans ile temsil edilen hasıla kuvvetini ve t zamanı ifade eder. Böyle bir sistemin muayyen bir cismin muayyen bir istikamette tahriki için kendine mahsus bir ihtizaz emsaline malik olması lâzımgelir. Bu ihtizaz emsali şu formül ile ifade edilir:

$$\alpha = \sqrt{\frac{c}{M}} \dots\dots\dots (25)$$

Hali ihtizazda bulunan bütün heyet yani makine + cisim, ağır bir kitlenin elâstikî bir yay üzerine mevzu olduğu ve makinenin kitleyi ve zeminin elâstikî yayı temsil ettiği farzolunur. Makinenin zemin üzerindeki kendi ihtizaz rakamı zeminin yay emsali için ve bundan dolayı da zeminin taşıma kabiliyeti için bir mikyas vermiş olur. Mukeyeseli kıymetler ancak ihtizaz rakamlarının aynı makine ile tesbiti halinde elde edilir. Serbest ihtizaz yukarıda tarif edildiği veçhile cebri ihtizazın bir hali hususisini teşkil etmektedir. Yani serbest ihtizaz frekans vücade getiren kıymet yani $\omega = 0$ dır. İhtizaz tecrübelerinde âtideki kıymetler ölçülerek kaydedilir veya bittersim gösterilir:

1 — İhtizazdan dolayı makinenin bulunduğu noktadan itibaren ihtizazın zeminde imtidat ettiği sahanın vüs'atı, ve bu vüs'atın ihtizaz emsali ile alâkası, makinenin en kuvvetli darbeleriyle elde edilen azamî ihtizaz kıymetleri, bundan başka icabında makinenin ihtizaz kudreti ve makinenin zemine çökmesi mikdarı.

2 — Şua şeklinde makinenin durduğu noktadan itibaren muhtelif mesafeye kadar düz hatlar çizilir. İhtizazı tevlit eden ve zemin ihtizazı arasındaki kaymalar ve zemin ihtizazının kuvveti mesafeye tâbî olmak üzere tâyin olunur. Makinenin icra ettiği ihtizaz tesir mesafesinin tersiminde zemin muayenesine lüzumlu ve pek mühim olan makinenin kendi frekansına ait rakam, mahallinde tesbit edilir. Tecrübe esnasında frekans tevlit eden kuvvetin muhtelif kıymetlere geçmesine müsaade edilerek bu esnada ihtizaz darbeleri veyahut makinenin darbeleri; otomatik çalışan ve makinenin üzerinde bulunan ihtizaz kaydedici bir mukayyit yani bir vibrograf vasıtasile yazılır.

Amplitud münhanilerinde en büyük darbeler, kendilerine ait frekansların tabî'i olmak üzere tersim edilir.

Tecrübe esnasında tesbit edilen münhaniler yukarıda evvelce ihtizaz eden kitle hakkında yazdığımız tefazulî muadelenin sabit kıymetlerinin hesabında kullanılabilir.

Zatî frekans:

$$\alpha = \sqrt{\frac{c}{M}}$$

$$\text{ve } \lambda = \frac{b}{2M}$$

yani git gide azalan ihtizaz emsalini ifade eder.

(Şekil 25) te gösterilen Amplitud münhanisinde, ω olan frekans müvellidi iel zatî α frekansın tevafuk ettikleri yerde bir rezonans noktası mevcuttur. Evvelce vazihan tarif edildiği veçhile bu rezonansın kıymetlerini cemetmek suretiyle darbenin azamî haddi elde edilmektedir. Bu mikdar azamî zatî frekansın tesbitine lüzumu olan azamî Amplitüdü vermektedir. Fasla mihverine frekans veya ihtizaz rakamları kaydedildiği ve tertip mihverine amplitüdlere işaret edildiği cihetle azamî amplitude ait olan fasla zatî ihtizaz rakamı α nın miktarını vermektedir. Çünkü bu rezonans noktasında frekansın müvellidi ile zatî frekans birbirine müsavidir.

Yukarıda söylendiği veçhile zatî ihtizaz rakamı olan

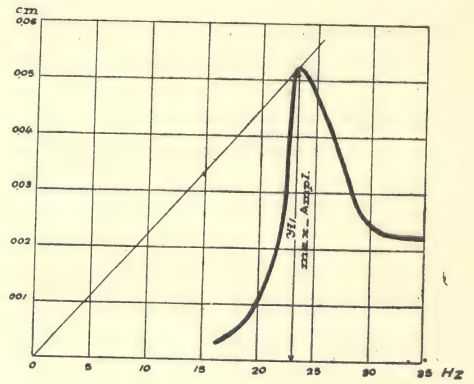
$$\alpha = \sqrt{\frac{c}{M}}$$

kıymeti hali ihtizazda bulunan zeminin evsafına tâbidir.

Aşağıda gösterilen cetvelde muhtelif evsaftaki zeminlerin büyük tecrübelerden elde edilen neticeleri dercedilmiştir. Cetvelin (2) No. lu hanesinde zati ihtizaz rakamları ve (3) No. lu hanesinde buna ait ve tecrübelerden anlaşılan zeminin şayanı tecviz tazyik miktarları dercedilmiştir. Cetveldən anlaşıldığı veçhile zati ihtizaz rakamı çoğaldıkça zeminin tecviz edilen tazyığı da çoğalmaktadır.

Zeminin taşıma kabiliyetini tarif eden ve ihtizaz tecrübesile bulunan α rakamı statistik tecrübeye müsteniden bulunanlar daha vâsi bir sahaya teşmil edilebilmesi itibarile diğerine müreccaktır. Zira tahmil sathının büyüklüğü bu tecrübeye mühim bir rol oynamaktadır.

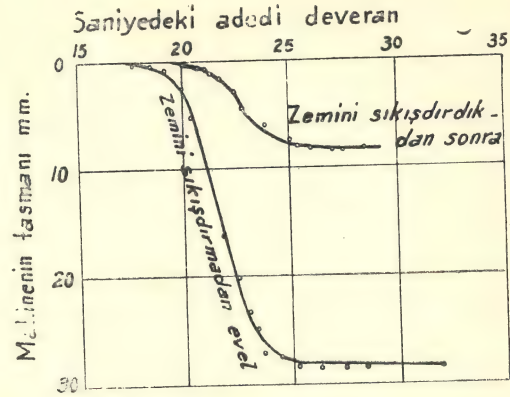
Git gide azalan ihtizaz rakamı λ bir taraftan zeminin delk ve temasına diğer taraftan da



Şekil : 25 — Amplitud - münhanisi

makinenin durup kalan çökmesine tâbidir (Şekil 26) Zeminin ihtizazı dolayısıyla hâdis olan makinenin çökmesi ve bu çökmenin makinenin zati ihtizaz rakamına olan tabiiyetini göstermektedir.

Elde edilen zati ihtizaz rakamı, makinenin altında bulunan zeminin taşıma kabiliyeti hakkında bir hüküm vermeğe kâfi olduğu gibi cebrî şekilde ihdas edilen elâstikî dalgaların devamlı sür'atlerle zeminin bütün bir hat boyunca veya hut vasi bir sathı kâmil üzerindeki taşıma kabiliyetine ait bir cetvel dahi elde edilebilir. Elâstikî yet nazariyesinin kanunlarına göre bu gibi dalgaların intişar sür'atı muayyen ve sabit bir kıymete kadar kayma modülü ile sıkışma nisbetinin cezir murabbama müsavidir. Kayma modülünün teza yüdü nisbetinde taşıma kabiliyetinin çoğalacağı ve aynı zamanda zeminin sıkışma miktarının takriben sabit kalacağı kabul olunursa kayma hududu ile birlikte zemindeki elâstikî dalga intişar süratlerinin de zeminin muayyen bir istikamet tulünce vâki hamule taşıma kabiliyeti için bir hudut gösterdiği kolayca anlaşılır.



Şekil : 26 — Ölçülen makine tasman diagramı

Dalganın intişar sür'atı en basit olarak evvelce söylenildiği veçhile ihtizaz müvellidi ile zemin ihtizazı arasındaki kade me kayması, müvellidin mevzuubahis noktasından itibaren olan mesafeye tâbi olmak suretile ölçülür. Bahsedilen cetvelin I. ci hanesi muhtelif zeminlere ait dalgaların intişar sür'atlerini göstermektedir.

| Sıra | Zeminin cinsi | İhtizazın tevessü sür'atı | | Zati frekans | Tecviz edilen zemin tazyiki kg/cm ² |
|------|-------------------------------------------------------|------------------------------|--------|-----------------|------------------------------------------------------|
| 1 | Fahmi ve kumlu zemin | 80 | m/sec. | 9,5 | Hz. — |
| 2 | Toz halinde kumlu zemin | 110 | » | 19,3 | » 1,0 |
| 3 | Tersiyer zamanına ait nemli kil | 130 | » | 21,8 | » — |
| 4 | Killi ince kum | 140 | » | 20,7 | » — |
| 5 | Nemli orta kum | 140 | » | 21,8 | » 2,0 |
| 6 | Nemli jura kili | 150 | » | — | — |
| 7 | Yer altı sulu orta kum | 160 | » | — | 2,10 |
| 8 | Kuru orta kum | 160 | » | 22,0 | » 2,0 |
| 9 | Killi kum ve alüvyon | 170 | » | 22,6 | » 2,5 |
| 10 | Taşlı çakıl | 180 | » | 23,5 | » 2,5 |
| 11 | Nemli kil | 190 | » | 23,5 | » — |
| 12 | İçinde kalker parçaları bulunan kuru kil | 200 | » | 25,3 | — |
| 13 | İstifi bozulmamış orta kum | 220 | » | — | » 4,0 |
| 14 | Mergel (Marn) | 220 | » | 25,7 | » 4,0 |
| 15 | 4 metre kum tabakasından aşağıdaki çakıl | 330 | » | — | 4,5 |
| 16 | Sıkı istif edilen kalın çakıl | 420 | » | 30,0 | » 4,5 |
| 17 | Tesirâtı havaiyeden bozulmuş kahve renkli kum taşı | 500 | » | 32,0 | } tecviz olunan tazyık » gerilmesinin 2/3 tir. |
| 18 | Orta sertlikte kum taşı | 650 | » | — | |
| 19 | Tesirâtı haviyeden müteessir olma- mış kum taşı | 1100 | » | — | |

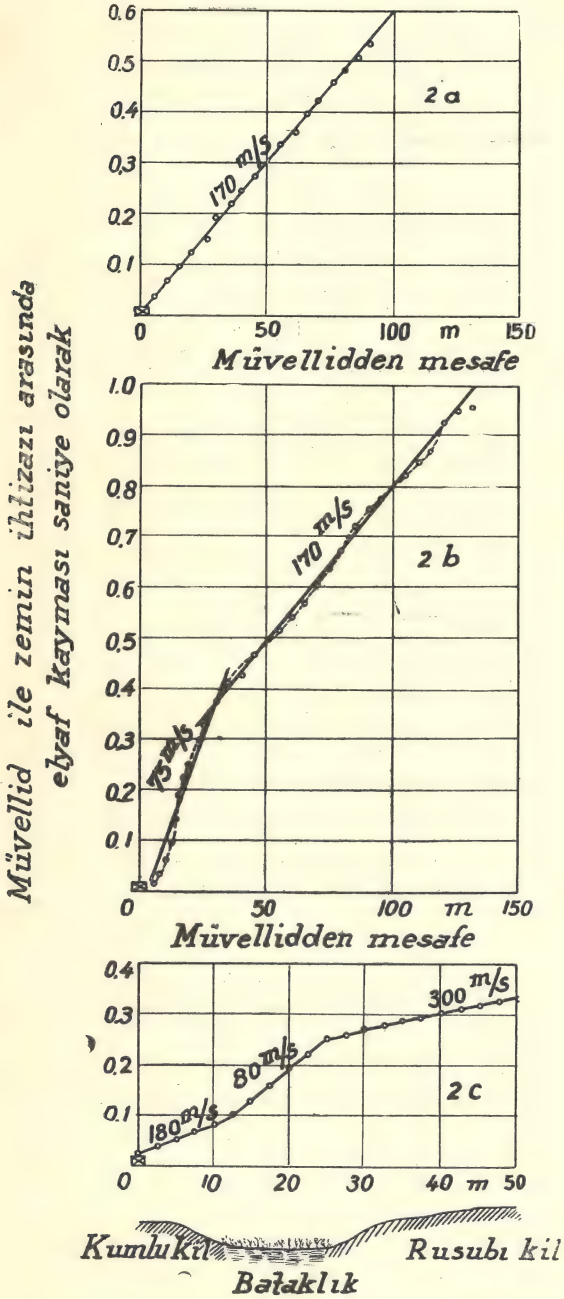
Zeminin bir noktası ile makinenin konulduğu nokta arasındaki mesafeye tabi olarak ihtizazın

müvellidi ile zemin ihtizazının ihdas ettikleri kayma tezahüratı müddet olarak kaydedilir ve bu noktalar da birbirine bir hat ile rapt edilirse bu suretle husule gelen hattın müddet mihverine nazaran olan meyli dalganın intişar sür'atini ifade eder. İşbu noktaları birbirine vasleden hudut

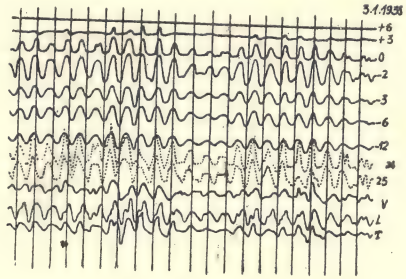
düz bir hat teşkil ettiği takdirde o vakit muayene edilen zemin parçesi mütecanis olur. Ve her biri aynı taşıma kabiliyetine malik olur. Bu zeminin taşıma kabiliyeti yukarıki cetvelde gösterildiği veçhile ölçülen sür'ate tekabül eder.

Zemin mütecanis olmayıp muhtelif tabakalardan mürekkep olduğu takdirde bu hat düz olmayarak münkesir bir hat şeklini ahz eder. Bu gibi münkesir bir hattı teşkil eden münhaniye Profesör Hartwig'e göre elâstikî dalgaların müt tehidüzzaman münhanisi namı verilir. Bu gibi münhaniden zeminin her hangi bir tabakasının hamûle kabiliyetini bulmak kabîldir. (Şekil 27) muhtelif cins tabakalardan mürekkep bir zemin hakkında icra edilen sür'at mesahhâsının neticelerini göstermektedir.

Yukarıki cetvelin tarifinde sür'atlerin saniyede 80 den 1100 metreye kadar tezâyüd ettiği görülür. Cetveldен anlaşıldığı veçhile elâstikî dalgaların intişar sür'atı yukarda zeminin zati frekansından veyahut yay emsalinden zemin için taşıma kabiliyeti hakkında daha hassas bir mikyas teşkil etmektedir. (Şekil 28) vibrografla yapılan bir diyagramı göstermektedir.



Şekil : 27 — Dalgaların imtidat ve sür'atini gösteren diagram.



Şekil : 28 — Vibrograf ile elde edilen ihtizaz diagramı

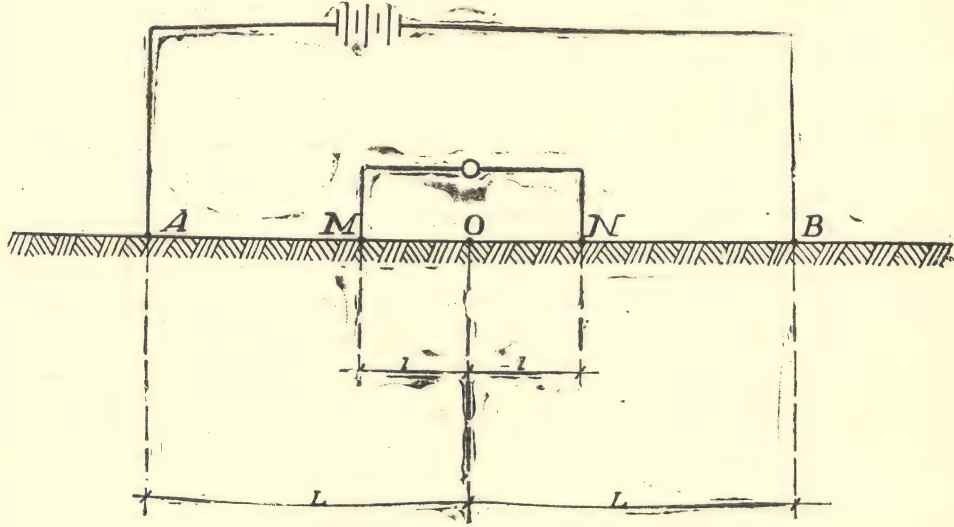
7. Elektrik sondajı

Elektrik sondajının en basit prensibi şudur:

(Şekil 29) da görüldüğü veçhile zeminin içine A. B elektrotları vasıtasile mütemadi veya mütenavip bir elektrik ceryanı verilir. Bu suretle zemin içinde elektrikleymiş bir saha vücade geti-

rilirler. Bu sahadaki eküipotansiel hatlar zeminin nakil kabiliyetine ve hatların zemindeki tarzı te-
vezzüüne tâbidir. Bu son ikisi bize zemin hakkında fikir verir.

Mütecanis zemindeki ekuipotansiel hatlarının şekli daha muntazam, zeminin nakil kabiliyeti
mütecanis olmadığı takdirde şeklindeki intizam gaip olur. Ekuipotansiel hatların zahmetsizce
bulunabilmesi için bir telefon aleti kullanılır. Bu telefonu aletinin bir teli zemine çakılacak bir ka-



Şekil : 29 — Dört kutuplu aletin istimal şekli

zığa bağlanır diğer bir teli müteharrik olup zeminin her arzu edilen yerine dokundurulmak üzere
emre âmade tutulur. Emre âmade bulundurulmuş işbu nakil telefonda gürültü işitilinceye kadar ze-
minde gezdirilir. Ve bu nokta zeminde bir kazıkla tesbit edilir. Bu suretle her iki kazık ara-
sındaki mesafe ekuipotansiel hattını teşkil ettiğinden telefonda elektrik ceryanı zail olur.

Bu suretle her ekuipotansiel hattı; zeminde müteaddit noktalar bulunup tesbit edilerek; va-
ziyet plâna tersim edilir. Ceryan menbaı olarak akümülatörler kullanılmaktadır. Elektrot olarak
beyaz madenî teller kullanılır. Bu teller birbirine muvazî ve 300 ilâ 1000 metre mesafede ferşe-
dilir.

Burada yalnız Schlumberger'in metodundan bahsedeceğiz. Bu methodda dört kutuplu bir âlet
kullanılır. A ve B elektrotları vasıtasile zemine elektrik ceryanı verilir ve M. N. kazıkları arasın-
da bir voltmetre ile voltajın tenakusu ölçülür.

Mütecanis (Homojen) olan bir zeminin mukavemeti ρ için şu muadele yazılabilir:

$$\rho = K. \frac{X}{I} \dots\dots\dots (26)$$

İşbu muadele X ölçülen elektrik voltajın tenakusunu, I ceryanın şiddetini ve K dört kutuplu
aletin eb'adına tâbi bir sabiti ifade eder.

Şimdi ise hakikî zemin vaziyetine geçelim. Yani mütecanis (Homojen) olan zemini kale ala-
lım. Bu takdirde şu muadeleyi yazabiliriz:

$$\xi = K. \frac{X}{I} \dots\dots\dots (27)$$

İşbu muadelede ξ göze görünen mukavemeti ifade eder. Bu izahattan zeminde ölçülen ve gözle görünen mukavemetleri yalnız yer altının elektrike karşı vasıflarına tâbi olmıyıp aynı zamanda dört kutuplu âletin hendesi şekline tâbi olduğu görülür. Yani çok defalar A B ve M N hatları 9 semt azimut zaviyesile teşkil ettikleri hatla birlikte aynı O merkezinde ve X Y fasla ve tertipleri üzerinde bulundukları görülür. L ile I, A B veya M N hatlarının yarı tullerini ifade ettiklerini kale alalım. Bu takdirde karakteristik olan tul veya K emsali şu formülle ifade edilir:

$$K = \pi \cdot \left(\frac{L^2 - I^2}{2 L} \right) \dots\dots\dots (28)$$

ve bundan dolayı

$$\xi = \text{fonksiyon} (\gamma, \chi, \delta, I, L) \dots\dots\dots (29)$$

Umumiyetle $\frac{1}{L}$ nisbetinin kıymeti için 9 semt zaviyesinin tesiri kale alınmıyarak şu muadele yazılabilir.

$$\xi = \text{fonksiyon} (\chi, \gamma, L) \dots\dots\dots (30)$$

Dört kutuplu âletin merkezi olan O nun sabit olduğunu kabul ederek A B elektrotları mesafesinin 2 L tedricen büyümesine müsaade edilirse o vakit elektrik ceryanı git gide yer altının daha derinliklerine nüfuz edecektir. Bu suretle yapılan zemin muayenesinin zeminin derinliklerine doğru yapılmış olması ve bu tecrübeden elde edilen neticenin, muadelesi aşağıda yazılan münhanî ile karakterize edilmesi lâzımdır.

$$\xi = \text{fonksiyon} (L)$$

Buna karşı 2 L tülü sabit olarak bırakılırsa bundan dolayı derinliklere doğru elektriğin nüfuz miktarı değişmez ve fakat 4 kutuplu âletin merkezi kaydırılırsa o vakit derinlik tesirine malik olmayan ufki bir muayene yapılmış olur, ve bu muayene şu formülle ifade edilmiş olur:

$$\xi = \text{fonksiyon} (x, y)$$

Bu tariflere nazaran her hangi bir mantıkanın elektrik sondajları ile muayenesi ikiye bölünmüş oluyor. Yani birinin L kıymetinin yükselmesi ile zeminin derinliklerine doğru olan elektrik ceryanının tesirini, diğerinin de derinliklere doğru gitmeyip zemine ufki olan ceryanının tesirini muayene etmektedir.

Nazarî olarak beriki veya öteki usulün tatbiki bir ehemmiyeti haiz olmadığı halde ameli noktai nazardan hangisi elverişli ise onu tatbik etmek lâzımdır.

II. inci Kısım

Zemin Mihaniki

a) İnşaat temel'nde tazyikin intişar şekli

Temel çukurlarında inşaattan dolayı hasıl olan tazyikin intişarı hakkında bu gün dahi ameli sahalarda basit ve arzuya tâbi faraziyeler yapılmaktadır. Misal olarak tazyikin her iki tarafında ve 45° derecelik bir zaviye tahtında hattî bir meyil ile intişar ettiği faraziyesi esas olarak kabul olunur, ve bu faraziyeye müsteniden gerilme ile çökme arasındaki münasebet şu muadele ile ifade edilir:

$$P = K \cdot w \dots\dots\dots (31)$$

İşbu muadelede P gerilmeyi, w çökme ve K yataklanma emsali sabitini ifade etmektedir.

Şunu da söylemek lâzımdır ki bütün âlimler yaptıkları tecrübe ve hesaplarda zeminin teşek-

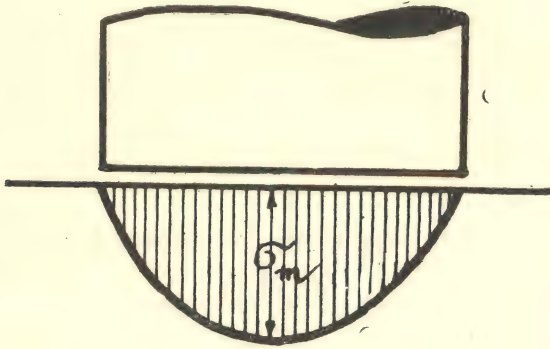
külünün mütecanis (Homojen) ve temel kitlesinin suret tahmininin de merkezi olduğunu kabul etmişlerdir.

Freiberg'deki (Prof. Dr. Ing. Kögler) in 1925 senesinde Bauingenieur Mecmuasının 101/102 inci sahifelerinde neşrettiği «temellerde tazyik intışarı» hakkındaki makalesinde atideki tefrikleri yapmıştır:

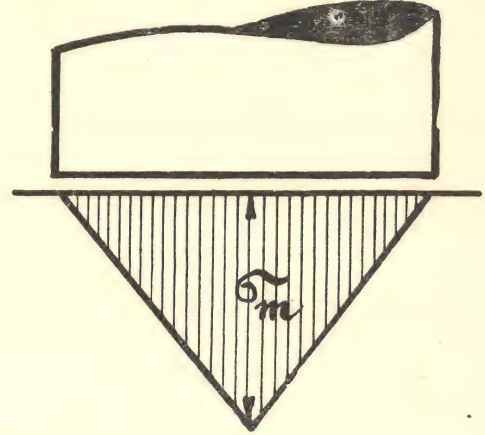
- a) Sulb temeller (duvar, beton ve kalın plâklar gibi temeller)
- b) Elâstiki temeller (İnce plâklar).

Sulb olan temel kitlelerinde hamule şeklinin münferiden veya mütesaviyen tevzi edilmiş bir hamule olarak ve bu hamulenin muhassalası temel cisminin merkez sıkletinden geçtiğini ve sulb olan cismin dahilindeki gerilmelerin de taban altındaki intışarı mütecanis olmadığı takdirde bir ehemmiyet kesbetmediğini kabul etmektedir. Ancak daha büyük derinliklere doğru gerilmelerin intışarı yapılan tecrübe ve muayenelerle malûm olmuştur.

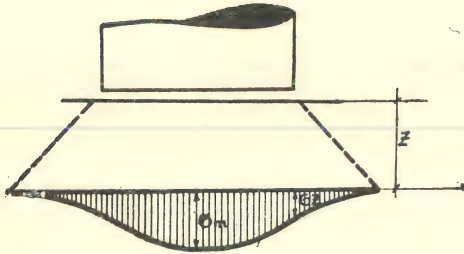
Elâstikî temel ktlesinde ise hamuleden dolayı temelde bir inhina vücuda gelir. Bu inhina tazyikin intışarına müessirdir. Yani tazyikin intışarı temel kitlesinin hamule şekline tâbidir. Temel ktlesinin ortasında icra edilen münferid bir hamulenin husule getirdiği bir gerilme haddi âzamisini bulur, ve bu gerilme temel kitlesinin kenarlarına doğru fevkalâde tenakus eder. Mütesavi bir hamulenin nasıl intışar ettiği şekil 30 ilâ 33 te tebarüz ettirilmiştir. Hamulenin temel kitlesi-



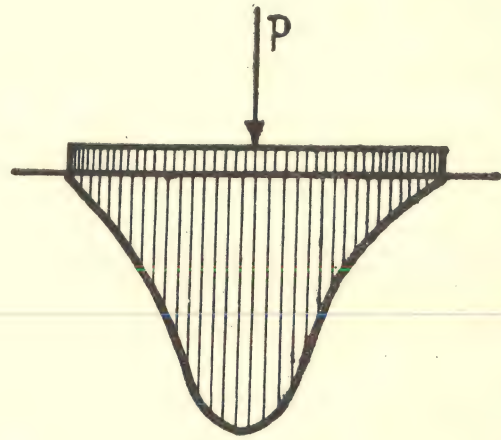
Şekil : 30



Şekil : 31



Şekil : 32



Şekil : 33

nin kenarlarına icrayı tesir ettirilmesi halinde gerilme âzamî haddinin vuku bulduğu bir hamulenin bulunduğu mantıkanın içerisinde

(Karlsruhe) deki (Schleicher), (Boussinesq) nazariyesinin esasına istinaden K vasatı yataklanma emsalini hesap etmiş ve bu yataklanma emsalinin sabit bir kıymeti haiz olamayacağı ve bilâkis atideki hususata tâbi olduğunu ifade etmiştir. Bu hususat şunlardır:

1 — Vasatı yataklanma emsali, cismin E elâstik yet emsaline ve m Poisson rakamına tâbi olduğu, yani:

$$e = \frac{m^2 E}{m^2 - 1}$$

faktörüne tâbidir.

2 — Bu yataklanma emsali tahmil edilen sathın eb'adına tâbidir. Yani K yataklanma emsali kat'ı zaid şeklinde, temel levhasının mısıf kutru büyüdükçe makûsen mütenasip olarak tenakus eder.

$$K = \frac{p}{w} = H \cdot \frac{C}{\sqrt{F}} \dots\dots\dots (32)$$

H kıymeti ameli sahalar için, 1 olarak hatasız kabul olunabilir. Bu hususta yapılabilecek hata % 5 den küçüktür. Bundan dolayı w çökme kıymetleri bu muadele sayesinde hesap edilebilir. Ancak p, C, F kıymetlerinin malûm olması şarttır.

$$w = \frac{p}{k} = \frac{p \cdot \sqrt{F}}{H \cdot C} \dots\dots\dots (33)$$

$$p = \frac{P}{F}$$

$$w = \frac{P}{H \cdot C \cdot \sqrt{F}} \dots\dots\dots (33a)$$

Bu hususların tamamile mütecanis (Homogen) elâstikî cisimler için (Schleicher), (Föppel) ve (Wolterbeck) in yaptıkları tecrübeler müsteniden kabili tatbik ve doğru olduğu tahakkuk etmiştir.

Bu son tecrübeler Holanda tecrübeleri namı ile tanınmış ve (Yibuiden) deniz sahilinde yapılan ve 50 metre açıklığında bulunan gemi kantarasında icra edilmiştir. Kantaranın 6 metre kalınlığındaki taban levhasında yapılan tecrübeler aşağıdaki neticeleri vermiştir.

Tabakalar yer altı suyu ile hali işbaa gelmiş sert kumdan ibaretti. Yapılan rasatlar düz bir sath üzerine konulan bir ıstampa vasıtasile icra edilmiştir. Tahmil satırları 500, 1000, 2500, ve 5000 santimetre murabbai eb'adında intihap edilmiştir.

$p = 0.39 \text{ Kg./cm}^2$ sathı tazyığı için atideki mikdarlar bittecrübe tesbit edilebilmiştir.

| Sath | 500 | 1000 | 2500 | 5000 cm ² |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|
| Elâstiki çökme | 0.020 | 0.029 | 0.058 | 0.134 cm. |
| Kalan » | 0.025 | 0.012 | 0.011 | 0.006 » |
| Yataklanma emsali | 20.0 | 13.5 | 6.7 | 2.9 Kg./cm ³ |

Yataklanma emsalinin hesabı için yalnız elâstiki çökme miktarlarından istifade edilmiştir. (Halbuki bu çökmeler 24 saat geçtikten sonra tamamile gaib olmuştur.)

Sabit kalan bir sath hamulesinde tahmil sathının büyümesile elâstiki ve umum çökmelerin tezayüd edecekleri ve kalan çökmelerle yataklanma emsali tahmil sathının büyümesile tenakus edecekleri görülür. (Wolterbeck) şu neticeye varmıştır:

K Yataklanma emsalinin büyük mikyasta tahmil sathına tâbi olduğu ve bu tabi'yetin satırlar büyüdükçe küçüldüğü neticesine varılmıştır. K için alınan kıymete olan ademi itimattan

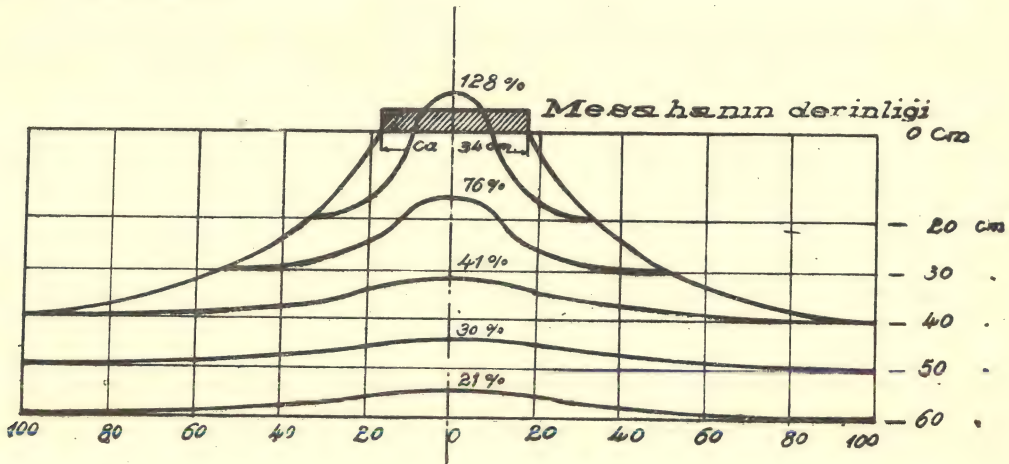
dolayı (Zimmermann) usulünde demir yollarının üst yapılarında kullanılan tazyik ile çökme arasındaki nisbet temel tabakasında vücutta getirdiği şayanı itimat olmıyan inhinanların neticesinde tereddüde yol açmıştır. (İterson) dahi nazari yol ile (Schleicher) in bulduğu neticeye varmıştır. Yani çökmelerin nısıf kutrun büyümesiyle çoğaldıklarının ve yataklanma emsalinin (zemin emsalinin) fenî bir kıymete malik olmadığı ve yanlış hesaplara meydan verdiği neticesine varmıştır.

Kögler şimdiye kadar yapılan tecrübeleri toplayarak, kendisinin yaptığı tecrübelerle göre neticelerini mukayese etmiştir. Bu tecrübeler şunlardan ibarettir:

- 1) Kick und Steiner-Prag 1879 (Handbuch d. Ing. Wissenschaften 1882 II. Bd. Abt. II. S. 195.)
- 2) Strohshneider - Graz 1911 (Sitzungsberichte d. K. und k. Akademie d. Wissenschaften, Wien Mathematisch - naturwissenschaftliche Klasse Bd. 121, IIa 1912 S. 310/302).
- 3) Hochschule Pennsylvania 1941/14. Organ für Forscher. d Eisenbahnwesens 1915 S. 33 und 376.)
- 4) Universität Illinois 1910/15. (Engineering Record 1915 S. 106/107.)
- 5) Golbeck - Waschinton 1915. (Proceedings, Am. Soc. Test. Mats. 1917 S. 640/61.)
- 6) American Foundation Committee al. 1913. (Proceedings, Am. Soc. Civ. Eng. 1920 S. 931/34.)
- 7) Am. Track Committee.
- 8) Kögler - Freiberg (Bautechnik a.a. O.)

Kum imlâlarda Kögler tarafından yapılan tecrübelerin verdiği netice şudur:

- 1 — Tazyik stampası altında, tazyikin mütesaviyen intişar etmediği ve tazyikin intişarı şekil 32 de gösterildiği veçhile kampana şekilli münhaniler halinde olduğu,
- 2 — Tahmil çoğaldıkça hasil olan gerilmelerin her tarafta hamule ile mütenasip olduğu (bu hususun kayma hududuna kadar tamamilen mutabık bulunduğu);
- 3 — Herhangi bir nokta için bulunan gerilme $p_0 = \frac{P}{F}$ in % deki nisbetine göre ifade edilirse şekil 34 deki % delik münhanilerin elde edildiği (evvelki formüldeki F, tazyik stampasının yüzünü ifade ettiğine göre),



Şekil : 34 — Gerilme cismi

- 4 — Gerilmenin teşkil ettiği cismin hacmi her vakit P hamulesine müsavi olduğu ve bundan dolayı ortada ve tabana en yakın σ_m gerilmesi, tabanın vesaî tazyiki olan $p_0 = P/F$ mikdarından daha büyük olduğu ve tabanın altında σ_m takriben $2,5 p_0$ ya 10 cm. derinliğinde $2,2 p_0$ ya ve 20 cm. derinliğinde $1,28 p_0$ ya ilâh... müsavi olduğunu,

- 5 — Amerikalılar tarafından bulunan gerilmelerden aynı amut üzerindeki şakulî gerilmeyi

gösteren isobarların, Profesör Terzaghi ve Viyana'daki Stem tarafından kabul ve tersim edilen şekil 35'deki münahnilerin aynı olmadığı,

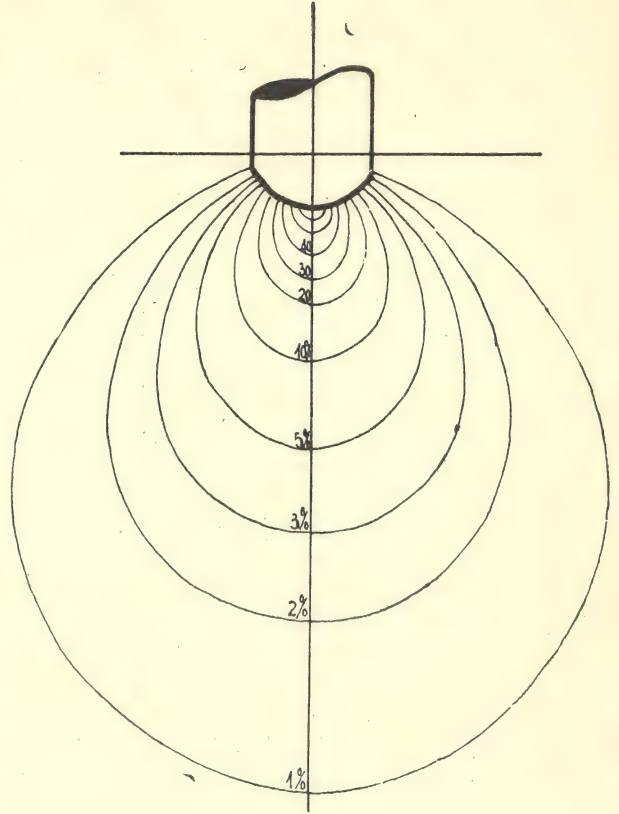
6 — Şekil 36 da gösterildiği veçhile tazyik intışarı için bir hudut sathı mevcut olduğu sabit olmuştur. Kögler'in tecrübesinde kındaki muhtelif derinliklere mahsus hudut sathının teşkil ettiği münhaniye ait âtideki delta hudut zaviyelerini tesbit etmiştir:

Derinlik $Z = 0 \ 10 \ 20 \ 30 \ 40 \ 50 \ 60 \ 70 \ 80 \ 90 \ 100 \ 110 \text{cm.}$

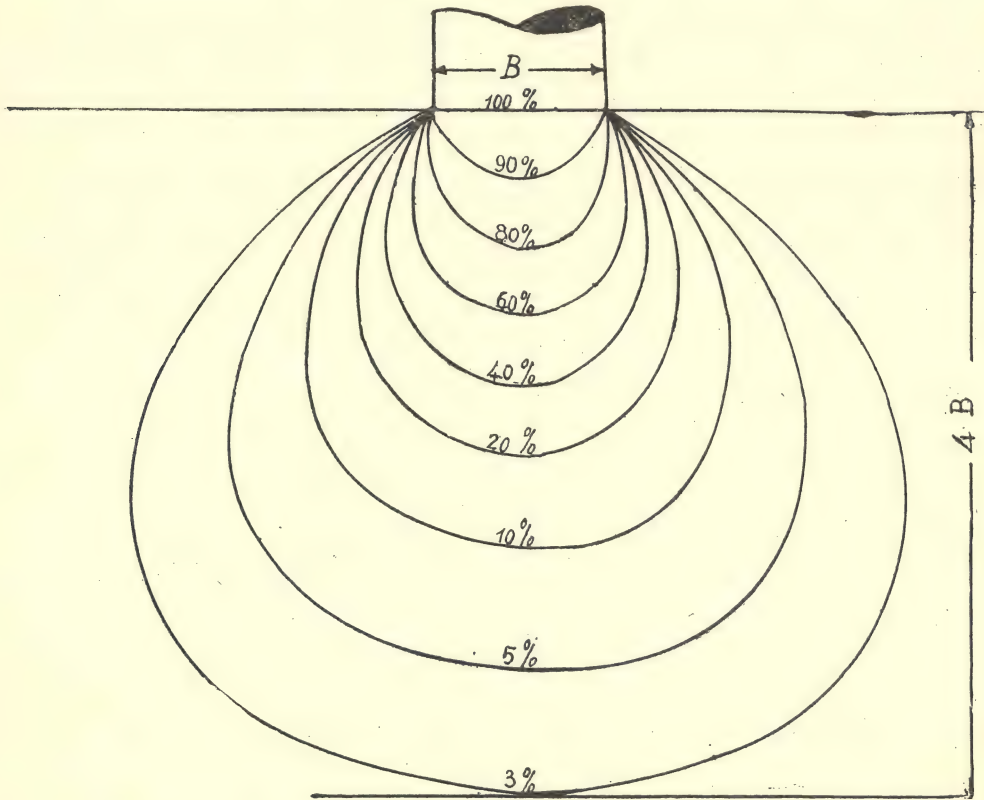
Hudut zaviyesi $\phi = 35 \ 40 \ 45 \ 50 \ 55 \ 60 \ 65 \ 70 \ 75 \ 80 \ 85 \ 90$

7 — Fazlasile kabili inhina büyük levhalar, gayet hassas ve tazyikin intışarı için hamulenin şeklini aydınlatan bir şekil irae etmektedir.

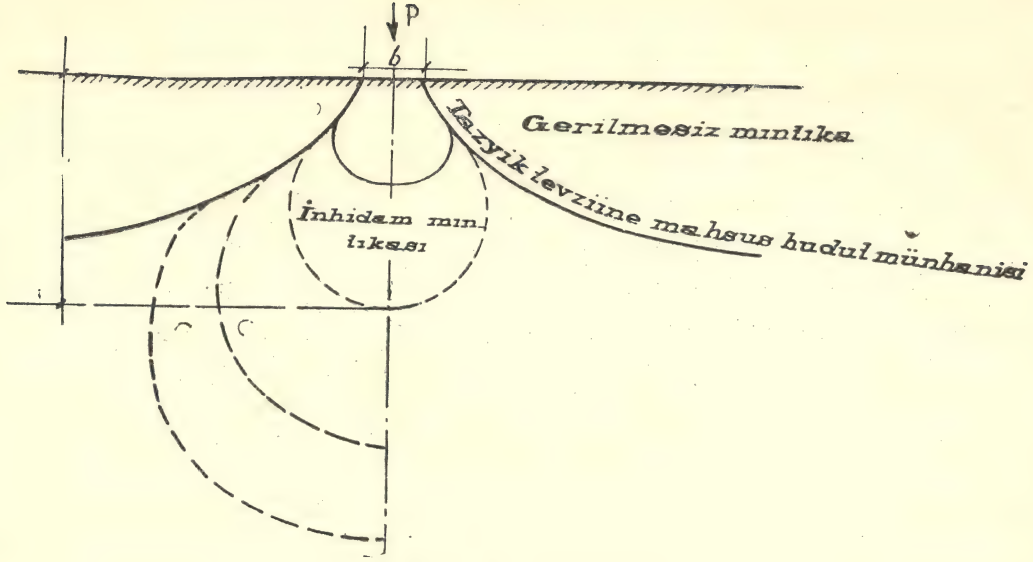
Hesap usulünün tatbiki için Kögler ilk önce cer ve kayma mukavemetine malik olmayan yalnız tebdili şekle malik olan cismi etüd etmiştir. Hamulenin 0 dan itibaren yükselmesi halinde tebdili şeklin 3 safhaya göre birbirinden tefriki lüzumlu görülmüştür:



Şekil : 35 — Isobaren



Şekil : 36 a — Isobaren



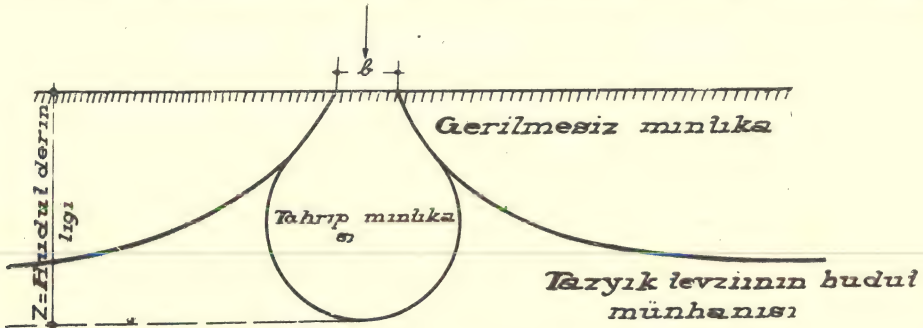
Şekil : 36 — Isobaren

1 — Elâstikî muntaka, hamuleden dolayı vücade gelen yarı tazyikinın alt tarafta mevcut olan menfi tazyik hududunu geçmedikçe imlâ elâstikiyeti, sulp bir cisim gibi kalır. (Bu husus 1897 senesinde Föppl tarafından teyit edilmiştir.) İmlâda ancak elâstikî tebdili şekiller vücade gelir. Tecviz edilen zemin tazyiki Hook kanunu dahilinde pek cüzî olduğu cihetle bu hal ancak büyük derinliklerde ve ufkî olarak hamuleden pek uzakta vuku bulur.

2 — Tahrip muntakası, hamule tecviz edilen zemin tazyik miktarını tecavüz edince kaymalar vücade gelir, yani imlâda sıkışmalar hasıl olur. Bundan dolayı imlâda sabit kalan tebdili şekiller hasıl olur.

3 — Kayma muntakası, imlânın sıkışma kabiliyetinin hududu tecavüz edilince cisim birdenbire kayar. Bu kayma, hamulenin imlâ sathı üzerinde dalgalar vücade getirerek bütün imlâyı gevşetmek suretiyle vuku bulur. Tatbikat sahəsi için bu hal varit değildir. Çünkü tatbikatta tahammül edilmeyecek tasmanlar vuku bulur.

Bu tarifata göre temellerin tatbikat sahəsi için 1 inci fıkrada gösterilen elâstikî muntaka ile 2 inci fıkrada söylenen tahrip yani plâstik muntaka mevzuubahstır. Her vakit hamulenin yakınında muvakkat ve hacmî sıkışmalar vukua geldiği halde hamulenin daha uzaklarında da kaymalar vücade gelir. Tahrip muntakasının şekli şekil 37 de gösterildiği veçhile küreviyyüşekildir.



Şekil : 37 — Elâstiki muntaka

Bundan başka Kögler tazyikin mütesaviyen intişarı hakkındaki faraziyenin zıddiyetini göstermektedir. Şeritvarî bir hamulenin hatvarî bir hamuleye ircaı halinde ve her ikisinin yanyana bulunan tesir hatları üst üste çizildiğinde bir mustatil olmayarak bir müselles teşkil ettikleri görülür. Şekil 38a ve b. Aynı suretle bu müselleslerin şekil 39 da gösterilen kəmpanavarî münhanilere rücu ettikleri görülür.

tatbik edilmelerine karşı itiraz edilecek bir cihet mevcut olmadığını göstermiştir ve arzânı inbisan m emsali için $m = 2$ konulabileceğini ispat etmiştir. Tahrip mıntakası için Boussinesq tarafından vücutte getirilen formülün âtideki tarzda yazılabileceğini Strohschneider söylemiştir.

$$\sigma_z = \frac{3 P}{2\pi z^2} \frac{(\cos \varphi - \operatorname{ctg} \varphi_0 \cdot \sin \varphi) \cos^4 \varphi}{1 - \cos \varphi_0} \dots\dots\dots (36)$$

Bu formül tecrübe neticelerine uygun ve aynı zamanda $\cos^2 \varphi$ şu ifadeye muadildir:

$$\cos \varphi (\cos \varphi - \operatorname{ctg} \varphi_0 \cdot \sin \varphi) \dots\dots\dots (37)$$

Aynı veçhile Kögler, Melanzy formülünü ıslah ederek tahrip mantıkası için şu ifadeyi yazmıştır:

$$\sigma_z = \frac{q}{z \varphi_0} (\cos \varphi - \operatorname{ctg} \varphi_0 \cdot \sin \varphi) \cos^3 \varphi \dots\dots\dots (38)$$

Strohschneider ve Kögler tarafından tesbit edilen 35 ve 38 No. lu her iki formüldeki φ_0 ; hamule noktasından tahdit münhanisine geçilmesini ifade eden hudut zaviyesini göstermektedir. Yani $\varphi_0 = 90$ derece olduğunda Boussinesq ve Melan tarafından gösterilen formüllere tetabuk etmektedir. $\varphi = \varphi_0$ olduğunda (36) ve (37) No. lu düsturlardan $\sigma_z = 0$ bulunur.

φ_0 hudut zaviyesinin kıymeti Strohschneider tarafından (50-60) derece arasında tesbit edilmiştir. Strohschneider bir metre derinliğindeki tabakanın elâstikiyetini tesbit etmektedir. Kögler tarafından tayin edilen hudut zaviyesi hakkında yukarıdaki 35 inci maddede yapılan tecrübele-
rin neticeleri meyanında bahsedilmiştir. Bu tecrübelelerin verdiği neticelerden hudut zaviyesinin hamule ve zemin yüzü ebadına tâbi olmadığı ve gevşek kum zeminlerinde, sıkı kum zeminlerinden daha küçük olduğu tesbit edilmiştir.

Amelî sahalar için basitleştirme usulleri:

Bu hususat için âtideki faraziyeler esas tutulmaktadır:

Gerilme cismi (gerilme yığını) noktavarî hamuleler için tamamilen bir mahrutun hacmine, hat-varî hamule için de müselleâ bir menşurun hacmine müsavidir. Ortadaki şakulî gerilme σ_m ile ifade edilir. (Şekil 41)

A. Noktavarî hamule

a) Tahrip mantıkasında

Cetvel: 1

| φ_0 | 40 | 50 | 60 | 75 | 90 | derece |
|-------------|------|------|------|------|------|---------|
| φ' | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | derece |
| σ_m | 2,04 | 1,34 | 0,96 | 0,65 | 0,48 | P/z^2 |

σ_m şu muadele ile istihraç edilir:

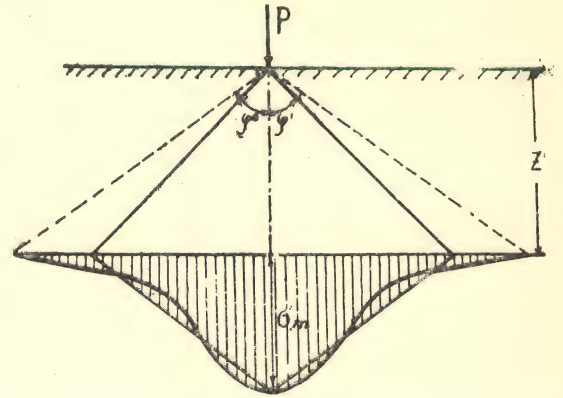
$$\sigma_m = \frac{3}{2\pi (1 - \cos \varphi_0)} \cdot \frac{P}{z^2} \dots\dots\dots (36 a)$$

Bu muadele Strohschneider'in 35 No. lu muadelesinden meydana gelmektedir.

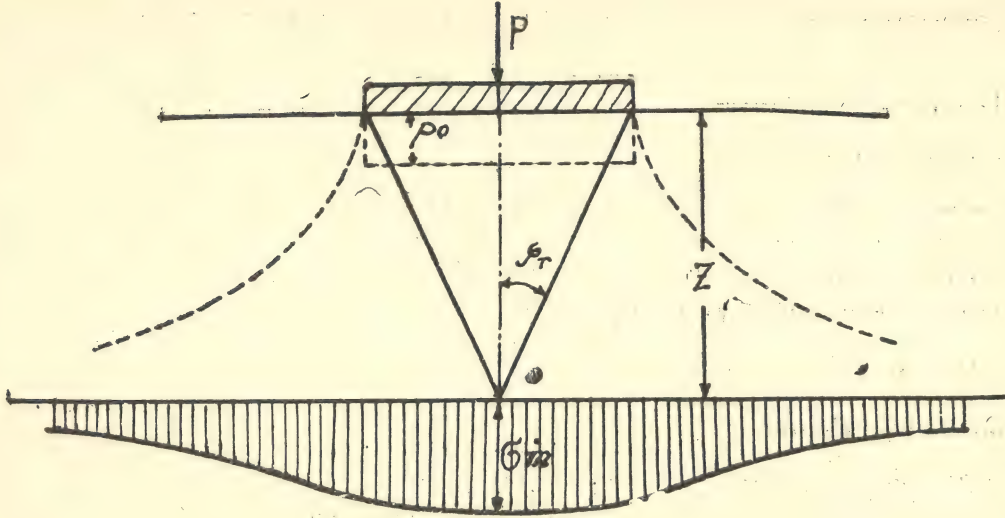
$\varphi = 0$ olduğunda

φ' âtideki formül ile istihraç edilir ve amelî hudut zaviyesini teşkil eder.

$$\operatorname{tg}^2 \varphi' = 2 (1 - \cos \varphi_0) \dots\dots\dots (39)$$



Şekil : 41



Şekil : 41.a — Sathen münteşir hamule veya şcrit vari hamule

Bu muadele gerilme mahrutunun hacmi P hamulesine yani tamamen gerilme cisminin hacmen müsavi olması istihraç edilmiştir.

b) Elâstikî mantıkada ($\varphi_0 = 90^\circ$ derecede) bu husus için 1 No. lu cetvelin son hanesi muteberdir. Yani $\varphi' = 55^\circ$ ve

$$\sigma_m = 0.48 \frac{P}{z} \dots \dots \dots (40)$$

B. Hatvarî hamule

a) Tahrip mantıkası

Cetvel: 2

| φ_0 | 40° | 50° | 60° | 75° | 90° |
|-------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|
| φ' | 35° | 40° | 46° | 52° | 57.5° |
| σ_m | 1.43 | 1.15 | 0.96 | 0.76 | $0.636 \frac{q}{z}$ |

σ_m ; 2 No. lu cetvel de şu muadeleye tetabuk etmektedir.

$$\sigma_m = \frac{q}{z \cdot \varphi_0}$$

Yani 38 No. lu Kögler'in formülünün hususî bir halini teşkil etmektedir. Bu takdrinde $\varphi = 0$ demektir.

b) Elâstikî mantıkada: ($\varphi_0 = 90^\circ$). Bu husus için 2 No. lu cetvelin son hanesi muteberdir.

Bu takdirde $\varphi' = 57.5^\circ$ ve $\sigma_m = 0.64 \frac{q}{z}$ dir. (41)

C — Sath hamulesi p_0 (Küçük bir sath üzerine dağılmış bir hamule)

a) Tahrip mantıkasında:

$$\sigma_m = p_0 (1 - \cos^3 \varphi_r) \dots \dots \dots (42)$$

b) Elâstikî mantıkada:

Bu hususun hesabı için (40) No. lu muadele tamamen muteberdir.

D. - Şeritvarî hamule p_0 : (Uzun, dar bir şeride tevzi edilen bir hamule)

a) Tahrip mantıkasında: $\sigma_m = \frac{p_0}{\pi} \cdot (2\varphi_r + \sin 2\varphi_r) \dots\dots\dots (43)$

b) Elâstikî mantıka:

Bu husus için (41) No. lu muadele tamamen muteberdir.

(42 ve 43) No. lu muadeleler için şunu söylemek lâzımdır ki buralarda taban tazyik tevziinin mustatil şeklinde olduğuna göre hesap yapılmıştır. Bu da şeritvarî hamuleler için taban tazyik intişarının mustatil şekline yaklaştığı için kabul olunabilir.

φ_r zaviyesine gelince (şekil 41 a) ya müracaat.

Zemin şekline tâbî'iyet:

1 — Sert kaya için elâstikiyet nazariyesi muteberdir.

2 — Kum, çakıl gibi cer ve kayma mukavemetine malik olmıyan taneli zeminler için, (34-43) No. lu yığınlar mahsusen istihraç edilen muadeleler muteberdir.

3 — Kil, marn gibi, rabitalı zeminler için ilerideki bahiste daha mütemmim malûmat verilecektir.

Zeminlerin mukavemet kabiliyetleri hakkında Krey büsbütün başka yollara saptmıştır.

Şimdiye kadar bahsetmiş olduğumuz taharriler elâstikiyet nazariyesini esas ittihaz ettik. Bu hususta Kögler inşaatı sınavının amelî sahada kayma mantıkasının 3 üncü devredeki tebdili şeklinin muayenesi mevzu bahis olmadığını ileri sürdüğü halde Krey bunun aksine olarak zeminin kayma vaziyetinin tamamen tetkik edilmesine lüzum görmüştür. Fakat yaptığı tetkikatın neticeleri müsbet çıkmamış bilâkis menfi çıkmıştır. Yani gerilmeleri ararken kaymaya karşı emniyet derecesini bulmuştur.

Temel zemininin mukavemeti pasif toprak tazyikinin hususî bir halini teşkil ettiği farzedilir (yani ufukî bir istinat duvarı, şakulî kuvvet istikametleri). Şimdiye kadar tatbik edilen takribî hesap usulleri müsbet bir netice vermemektedir. Bâhusus düz kayma sathlarında (Coulomb) meto- duna göre icrayı tesir eden pasif toprak tazyiki gayrı kabili tayindir.

Buna karşı Krey daireviyüşşekil ivicaçlı kayma sathları ile taharriyatı yapmağa çalışmıştır. Mamafî şunu söylemek lâzımdır ki Krey'in bulmuş olduğu sureti hallin ancak müteaddit ve gayrı müsait faraziyelerin yardımı ile mümkün olduğu ve bundan dolayı emniyet derecesinin bir hayal halinde kaldığı ve bu usulün vücade gelmekte olan gerlime ve çökmelerin miktar ve şekilleri hakkında hiç bir surette bir fikir vermemekte bulunduğu cihetle amelî sahada bunun tatbiki tereddüdü muciptir. Tecziz edilen hamulenin hiç bir zaman altından temelin kayması veya çökmesini mucip olan bir hamulenin muayyen bir kısmını teşkil ettiğini kabul etmek doğru bir şey değildir. İnşaatın altında bir toprak kayması teşekkülü hakkındaki Krey'in fikir ve mütaleasına iştirâk etmektedir. Toprağın kayma sathına karşı olan tazyiki inşaatı mesnet teşkil etmektedir. Lohmeyer pasif toprak gerilmesi için şu formülü tesbit etmiştir.

$$\sigma_t = \frac{t_g (45^\circ + \varphi/2)}{t_g (45^\circ - \varphi/2)} \cdot \frac{\gamma_e \cdot t}{n} \dots\dots\dots (44)$$

Krey'in mütalealarının menfi çıkması gibi bu formülün de menfi olduğu tebeyyün etmiştir.

Kögler ve Scheidiğ tarafından yapılan tecrübeler Achen'deki Prof. Pröstel tarafından son zamanlarda tevsi edilmiş ve netice de umumiyetle Freiburger'in yaptığı tecrübelerle mutabık olduğu anlaşılmıştır. Her halde Pröstel'in yaptığı tecrübe diğerlerinin yaptığı tecrübelerle tamamen tetabuk etmemiştir. Kögler hamule sathlarının kenarları altında 0 kıymetinde gerilmeler tesbit ettiği halde hamule sath kenarlarında zeminde mevcut tazyik gerilmelerini ölçmüştür. Bunların ci- varında bulunan zeminin hamuleye iştirâki ve hamulenin bir kısmını üzerine almağa kabiliyetli ol-

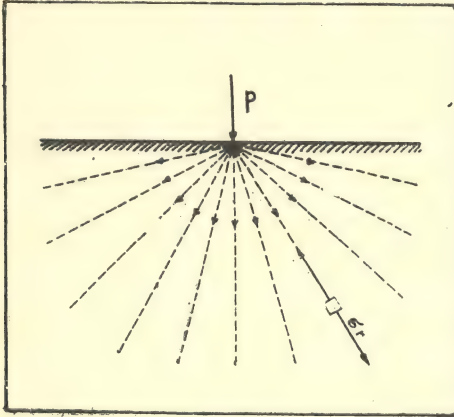
duğu anlaşılmıştır. Fakat mücavir zeminin bu husustaki iştirâkinin ne dereceye kadar olduğu ma-
lûm olmadığı cihetle ameliyat için Kögler tarafından tazyikin tesiri hakkında ileri sürülen nazariye
ve bu nazariyedeki hamule sathının kenarındaki gerilmelerin pek küçük oluşu faraziyesi inşaata
hakkile ve daha büyük bir emniyet derecesinin istihsaline h'zmet edeceği bedihîdir.

1 - Dr. İng. Fröhlich'e göre kuvvetin hattı müstakim intışarı prensipleri:

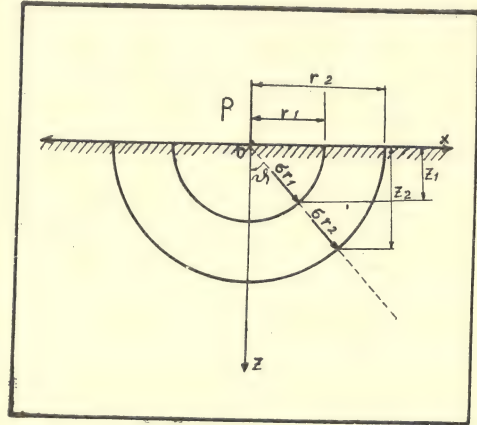
Evvelki bahislerde (34 ve 35) No. lu muadeleler mucibince elâstiki, izotrop, yarım küre şek-
lindeki cisimler için Boussinesq nazariyesinin bu bapta yapılan tecrübelerle mutabık olduğunu
göstermiştir. Bir inşaati sınaîyenin temelinde şakulî olarak icrayı tesir eden gerilmelerin sureti tev-
zini hesap etmek için Dr. İng. Fröhlich nazariyesinin umumî şekli olan Boussinesq'in nazariyesi
istimal edilir.

Elâstikî bir nısıf kürenin merkezine münferit bir kuvvet icrayı tesir ettiği zaman husule gelen
tazyikler muayyen kaim mahrekler şeklinde nısıf küre dahiline intışar ederler. Boussinesq naza-
riyesine göre şuaî münhaniler teşekkül eder. Elâstikî ve gayrı kabili tazyik sulp cisimlerde bu mün-
haniler müstakime müncer olurlar. (Şekil 42). Bu takdirde arzanî inb'isatın rakamı $z = m$ olur. Kuv-
vetli bir teğayyür ile işbu kuvvetin müstakim olarak intışarı kabili tazyik cisimlerde kullanılır. Çün-
kü m rakamı kıymetini değiştirirse gerilmelerin sureti tevziinde çok büyük bir tebeddülât husule
gelmiyecektir.

Trajektörlerin (kaim mahrekler) takribî olarak $m = 2$ den $m = 4$ e kadar müstakim ka-
lacakları kabul olunabilir. Bundan fazla olarak hiç bir noktada cer kuvvetlerinin husule gelmiye-
ceği farzedilirse işbu nazariye dahi zerratı arasında rabıtası az olan cisimlerde kullanılabilir. Yani
bu nazariye yalnız rabıtalı zeminler için değil, aynı zamanda umumî mahiyette olup kum ve ça-
kılılı zeminler için kabili tatbiktir. Tetkikatımıza esas olarak nazarı itibara aldığımız hüzmeyi şuaî-
yeyi r_1 ve r_2 (şekil 43) nısıf kutrunda olan iki nısıf küre ile katedecek olursak ve merkezlerine
de münferit bir kuvvet icrayı tesir ettirsek tazyiklerin inkisamı her iki nısıf küre sathlarında aynı



Şekil : 42 — Dr. Fröhliche göre tazyikin hattı
müstakim olarak intışarı.



Şekil : 43 Dr. Fröhliche göre zeminde tazyikin
hattı müstakim olarak intışar şekli

müstakim şeklinde inşa edeceğinden şuaların teşkil ettikleri nısıf kuturlar istikametinde husule ge-
len gerilmeler r_1 ve r_2 nısıf kuturlarının murabbalarile makûsen mütenasip olarak tenakus ederler.

Yani:

$$\sigma_{r1} : \sigma_{r2} = \frac{1}{r_1^2} : \frac{1}{r_2^2} \dots\dots\dots (45)$$

olur. Çünkü tazyiklerin her iki nısıf küre sathlarına kuvvetin hattı müstakim şeklinde intışarı do-
layısıyla mütesaviyen intışar etmektedir.

Nisf kürenin sahından sol veya sağa doğru en derin noktadan itibaren yürürsek o vakit nisf kutur r_1 sabit kalır. Halbuki nazarı itibara alınan noktanın, z derinliği tenaküş eder P nin tesir hattında amud mihverde $r = z$ olur. Fröhlich'e göre lâalettayin bir nokta için şu muadele yazılabilir:

$$\sigma_{r1} : \sigma_{r2} = \frac{Z_1^{\nu-2}}{r_1^\nu} : \frac{Z_2^{\nu-2}}{r_2^\nu} \dots\dots\dots (46)$$

Bu muadelede ν parametredir.

Tesir ve aksi tesir nazariyesine göre P kuvvetinin her bir tesirinde gerilmeler dahi münasip bir surette değişecektir. Binaenaleyh σ_r olan gerilme ile P arasındaki münasebet şu şekilde ifade olunabilir.

Bu muadelede ν parametredir.

$$\sigma_r = C. P \frac{Z^{\nu-2}}{r^\nu} \dots\dots\dots (47)$$

Amudî mürekkiplerinin yekûnu daima P ye müsavi olacaktır. Yani:

$$P = \int_{\vartheta=0}^{\vartheta=\frac{\pi}{2}} \sigma_r \cos \vartheta dF \dots\dots\dots (48)$$

asgarı namütenahi dF sahı

$$dF = 2 \pi r^2 \sin \vartheta d\vartheta$$

ve bundan

$$P = 2 \pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} C. P \left(\frac{Z^{\nu-2}}{r^{\nu-2}} \right) \cos \vartheta \sin \vartheta d\vartheta$$

veyahut

$$\frac{Z}{r} = \cos \vartheta : 1 = 2 \pi C \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\nu-1} \vartheta \sin \vartheta d\vartheta$$

bunun tamamisi alındıkta:

$$C = \frac{1}{2 \pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^{\nu-1} \vartheta \sin \vartheta d\vartheta}$$

$$C = \frac{\nu}{2 \pi} \dots\dots\dots (49)$$

47 No. lu muadele şu suretle de yazılabilir:

$$\sigma_r = \frac{\nu. P}{2 \pi r^2} \cdot \cos^{\nu-2} \vartheta \dots\dots\dots (50)$$

ν olan parametre muvazeneten gayrı muayyen bir miktar olup gerilme tevziatının emsali tesmiye edilir. En basit gerilme hali için maruf olan gerilme dairesi kullanıldığı takdirde şakulî gerilme mürekkebi:

$$\sigma_z = \sigma_r \cdot \cos^2 \vartheta$$

ve binaenaleyh:
$$\sigma_z = \frac{\nu \cdot P}{2 \pi r^2} \cos^2 \vartheta \dots\dots\dots (51)$$

gerilme tevziat emsalinin kıymetleri 1 den 6 ya kadar hesap olundukta âtideki cetvel elde edilir.

| Gerilme tevziat rakamı ν | Muadele (50) σ_r | Muadele (51) σ_z | Faktor |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | $\frac{1}{\cos \vartheta}$ | $\cos \vartheta$ | $\frac{P}{2 \pi r^2}$ |
| 2 | 1 | $\cos^2 \vartheta$ | $\frac{P}{\pi r^2}$ |
| 3 | $\cos \vartheta$ | $\cos^3 \vartheta$ | $\frac{3 P}{2 \pi r^2}$ |
| 4 | $\cos^2 \vartheta$ | $\cos^4 \vartheta$ | $\frac{2 P}{\pi r^2}$ |
| 5 | $\cos^3 \vartheta$ | $\cos^5 \vartheta$ | $\frac{5 P}{2 \pi r^2}$ |
| 6 | $\cos^4 \vartheta$ | $\cos^6 \vartheta$ | $\frac{3 P}{\pi r^2}$ |

$\nu = 3$ olduğu zaman elde edilen netice Boussinesq'in muadelesindeki $m = 2$ vazolundukta istihsal edilen netice, aynen hususî bir halini temsil eder.

2 - Elâstikî bir zeminin gerilme tevziat rakamına sureti tesiri:

Asgarî tagyiri şekil işine ait prensipi takip edecek olursak o vakit öyle yeni bir münasebet elde ederiz ki bununla tahtı müşahedeye aldığımız zeminin bütün karakteristik hassalarını çıkarabiliriz.

Terzaghi kil ve kumun elâstikiyeti hakkında yapmış olduğu tecrübeler ile zeminlerin elâstikiyetini tayin hakkında iki muhtelif kanun takip ve ikame etmiştir.

I nci kanun: $E =$ elâstikiyet emsali, sabittir. II nci kanun: $E =$ Elâstikiyet emsali $= k \cdot z$ dır; yani elâstikiyet, sathı zeminden itibaren derinliğe doğru mütenasiben büyür.

Birinci kanun takribî olarak kil gibi yüksek rabıtalı zeminlere;

İkinci kanun ise serbest ve rabıtasız zeminlere tatbik olunur.

2 yarım kürenin arasındaki hacim V ile ve tagyiri şekli A ile gösterilirse malûm olan

Şu muadelei teazuliyeyi yazabiliriz:

$$A = \frac{1}{2} \int_0^{\nu} \frac{\sigma_r^2}{E} \cdot dV$$

Birinci kanuna göre $E =$ sabittir ve

$$dV = dF \cdot dr = 2 \pi r^2 \cdot \sin \vartheta \cdot d\vartheta \cdot dr.$$

ve (50) No. lu muadeleye göre konulur ve tamamî alınır o vakit şu muadele elde edilir:

$$A = \frac{P^2}{4 \pi} \frac{1}{E} \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right] \frac{r^2}{(2r - 4) + 1} \dots\dots\dots (50)$$

A kıymetinin asgarî olabilmesi için $\frac{dA}{dr} = 0$ olması icap eder. Tefazulî alındıktan sonra $\nu = 3$ olur ve 50 No. lu muadele şu şekli alır.

$$\sigma_r = \frac{3 P}{2 \pi r^2} \cos \vartheta \dots\dots\dots (50 a)$$

Yukarıda zikrettiğimiz bu muadele Boussinesq tarafından vazolunan ve $m = 2$ kıymeti için bulunan neticenin aynıdır. m, arzanî inbisat emsalini ifade eder.

Yukarıki ifadelerden anlaşılıyor ki gerilme tevziatı $\nu = 3$; ancak 1 No. lu elâstikiyet kanunu yani $E =$ sabit neticesi vuku bulur; veyahut daha kısaca zemin maddesi için Hooke kanunu mu-teber olduğu takdirde mer'i olur. 2 No. lu kanundaki şarta riayet edildiği takdirde yani elâstikiyet modülü olan büyük E nin derinliğe doğru hattı olarak tezayüdü nazarı itibara alınarak tamamî muamelesi icra edilirse o vakit tagyiri şekli işini gösteren formül aşağıdaki şekli alır:

$$A = \frac{P^2}{8 \pi} \frac{z}{E} \left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{r_2^2} \right) \cdot \frac{r^2}{(2r - 5) + 1} \dots\dots\dots (53)$$

Ve

$$\frac{dA}{d\nu} = 0$$

Ve

$$\nu = 4$$

Ve

$$\sigma_r = \frac{2 P}{\pi r^2} \cdot \cos^2 \vartheta \dots\dots\dots (50b)$$

Tabiatla umumiyetle gerilme tevziat rakamının hududu ν 3 ilâ 4 arasında bulunmaktadır.

$\vartheta = 0$ olduğunda yani gerilmelerin istikameti, kuvvetin şakulî istikametini aldığı zaman σ_{\max} zeminin r derinliğinde işbu âtideki miktardan yanında bulunan diğer miktara tezayüt eder.

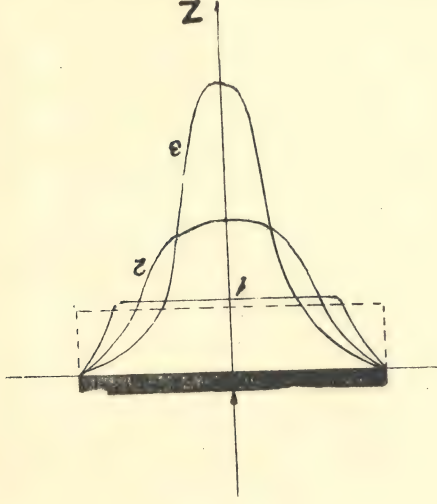
Yani gerilme $\frac{3 \cdot P}{2 \pi r^2}$ iken $\frac{4 \cdot P}{2 \pi r^2}$ tezayüt eder.

Binaenaleyh miktarın 1/3 ü veyahut % 33 miktarında tezayüt etmiş olur Aynı nisbet daire-sinde gerilme tevziatının parametresi olan $\sqrt{}$ dahi tezayüt edecektir. Geoteknik tecrübeler para-metrenin sureti intihabı hakkında kıymetli işaretler vermekteldir. Bu suretle $\sqrt{}$ maksada uygun bir şekilde intihap edilirse zeminin tahmilden evvelki vaziyetini anlamak için yapacağımız tahinî hesa-batında hakikate daha fazla yaklaşmış olur.

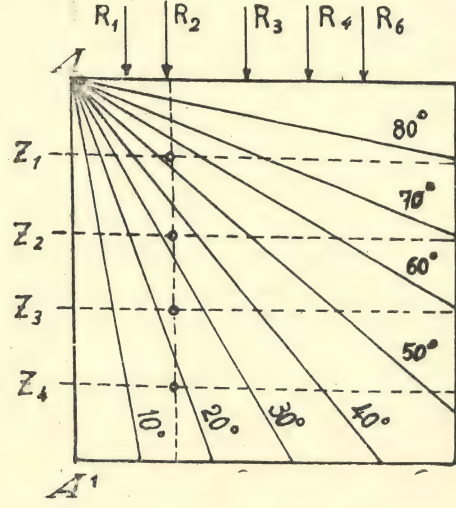
Şekil (44) de ν nin tezyüdü suretiyle bir levhanın altında 1, 2, 3 gerilme tevziatını gösteren minhaniler görülmektedir.

$\nu = 2$ için $\sigma_r = \frac{P}{\pi r^2} =$ sabittir. Yani mütesavî bir gerilme tevziatı mevcuttur. Aksi takdirin azamîsi vukuunda kumdaki gerilme tevziatı $\nu = 6$ kıymetine varır.

Şekil (44) de dairevî şekilde ve inhinaya mukavemeti fazla olan levhalarda muhit ortadaki



Şekil: 44



Şekil: 45

kısımın hesabına hamuleyi tahfif eder, hamule tahfif mantıkasının muhiti hamule sathının nisf kutruna tâbi değıldir.

Tahmil edilen levha satıh üzerinde olmayıp bu satıhtan itibaren muayyen bir derinlikte olduğu takdirde plastisite hali kritik kenar hamulenin hududunu ancak geçtikten sonra husule gelir. Bunun kıymeti γ olan zemin hacim sıkletine φ_r olan dahilî delk zaviyesine t olan temel derinliğine ve bundan başka koyu zeminlerde rabita emsalî olan p_k ya tâbidir.

İşbu kritik kenar hamulesinin miktarı: rabitasız zeminlerde Fröhliche göre:

$$q_{tr} = \frac{\pi \cdot \gamma \cdot t}{\text{ctg. } \varphi_r - \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_r \right)} \dots \dots \dots (54)$$

Ve rabitalı zeminler için

$$q_{tr} = \frac{\pi(\gamma \cdot t + p_k)}{\text{ctg. } \varphi_r - \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_r \right)} \dots \dots \dots (55)$$

Ve hacim sıkleti için şu muadeleyi yazabiliriz:

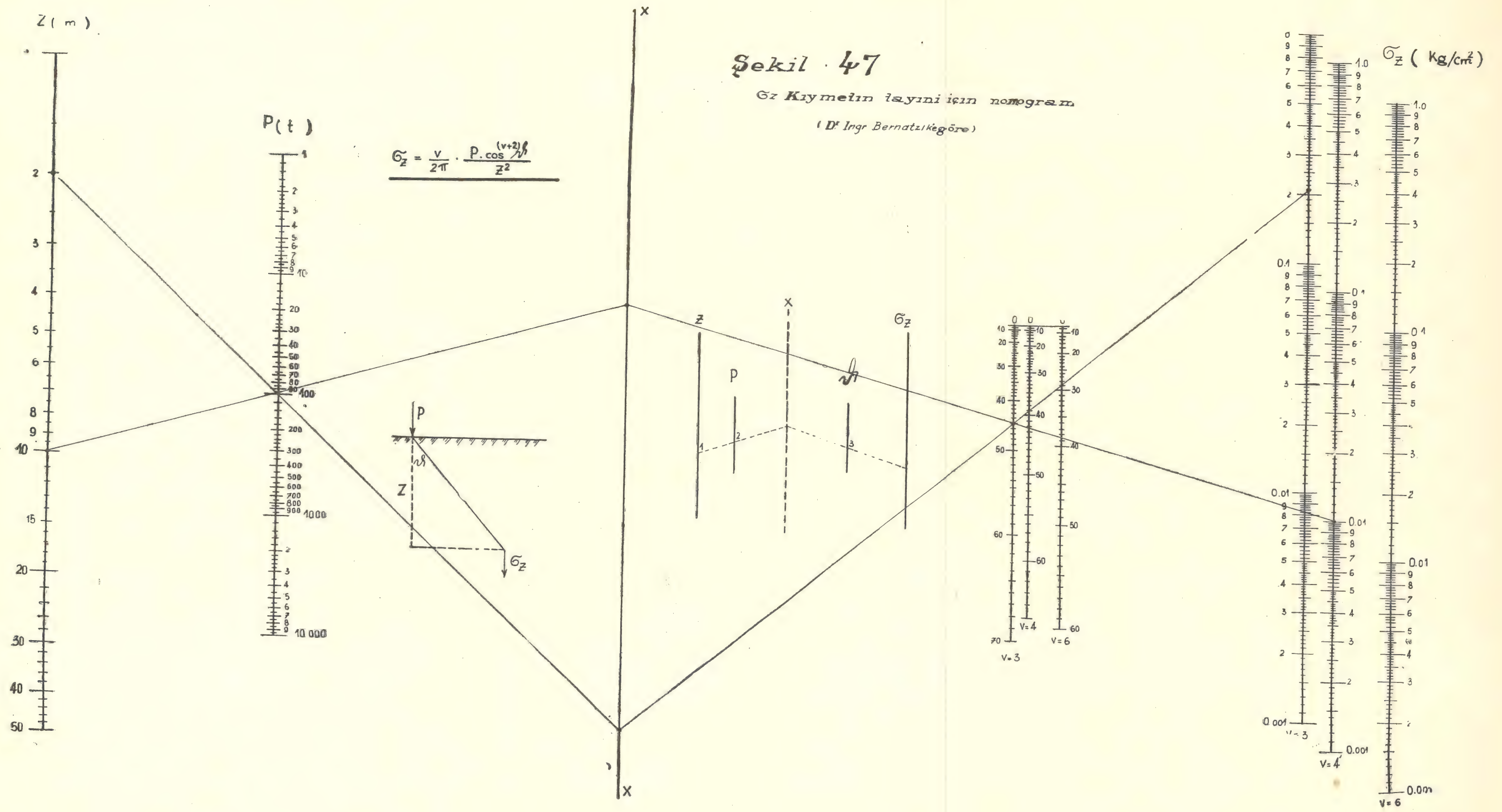
$$\gamma = (\gamma_k - \gamma_F) (1 - n) \dots \dots \dots (56)$$

İşbu muadelede γ_k zemin zerratının hakikî izafî sıkletidir. Ve γ_F zemin mesamatını dolduran mayiın izafî sıkletini ve n mesamatın vahit hacmini ifade eder.

Misal: Muadele 24 veya 56 nın ifadesini hususî bir hal için tatbik edelim. Bu hususî halde kuru kum ve çakıldan mürekkep bir zemin malzemesini kale alalım. Bu gibi malzemeler için:

$$\begin{aligned} \gamma_k &= 0.00265 \text{ kg./cm}^3. \\ \gamma_F &= 0 \\ n &= 0.322 \\ \gamma &= 0.00185 \text{ kg./cm}^3. \end{aligned}$$

Temel derinliği $t = 100 \text{ cm}$



Nomogramda görüldüğü veçhile çizilen hattı amudî gerilme mürekkebi σ_z için 0.082 kg/cm^2 bulunur.

Misal (2)

Malûm olan bir zenin altındaki derinilği $z = 2 \text{ m}$; kutup zaviyesi $\vartheta = 45^\circ$ ve hamule $P = 100$ ton, gerilme tevziat rakamı $\gamma = 3$.

Nomogramda görüldüğü veçh üzere çizilen hat $\sigma_z = 0,21 \text{ kg/cm}^2$ bulunmaktadır.

b — Rabıtalı zeminlerdeki tasman hesabı (kil veya marn veya buna müşabih zeminler) .

Atideki nazarı tetkikat Terzaghinin gösterdiği veçhile ancak tasman hesabında iptidai bir tecrübeden ibaret olacaktır. Çünkü Terzaghi ileride göstereceğimiz basitleştirme usulünün istinat ettiği bu nazariyenin tatbikinin unutulmamasını tavsiye eder. Tetkikat âtideki kaziyelere istinat eder.

1 — Zemin rabıtasını tavsif eden emsaller tesbit edilirken zeminin tabiattaki karakteri ile lâboratuvarda icra edilen rabıta tecrübesinin verdiği neticelerin tetabuk ettiği farzedilir.

2 — Killi zeminlerin havasız mesamatının su ile dolmuş ve binaenaleyh gayrı kabili tazyik olduğu farzedilmektedir.

3 — Darcy kanununa göre zemin nümunesindeki filtre sürati hesap edilmiştir. K' nümunesinin tecrübesi yapılırken mesamat suları ancak bu tecrübeye şakulî olarak harice çıkarılmıştır. Halbuki tabiatta mesamat suyunun çıkması hem cenbî, hem şakulîdir. Nümunenin cıdar inbisatının menedilmesile tabiattaki karakterinden ayrılış olur.

4 — Zemin rabıtasının bozulma müddeti ancak ve yalnız suyun harice çıktığı esnada maruz kaldığı akma mukavemetine tâbidir.

5 — Tesir ve aksi tesir kanununa göre (zemin tabakatının tevzi kanununa) gerilmelerin hesabındaki kavait tesir altında kaldığı hâd'sata tâbidir.

1 - Darcy kanunu

Darcy kanununa göre vahit zamanda vahit satıhtan çıkan mesamat suları âtideki muadele ile tesbit edilmiştir.

$$Q_z = k.i \quad (57)$$

İşbu muadele i tazyik irtifainin meylini, k tenasüp rakamını ifade eder.

Bu tenasüp kıymeti nüfuziyet emsali demektir. Tazyik irtifainin meyli; birbirinden d z mesafesinde mürtefi iki noktanın arasındaki hamule zıyatına tâbi olarak şu muadele ile ifade edilir:

$$i = \frac{d \left(\frac{w}{\gamma} \right)}{dz} \quad (58)$$

İşbu muadele w ; z noktasında vahit satıhtaki hidrostatik tazyik ifade eder. γ ise mesamat dahilinde harekete gelen mayinin sıklığı izafiyesini gösterir. i nin müsavisi (58) inci muadeleden alınıp (57) inci muadeleye konuldukta şu formül elde edilmiş olur:

$$Q_z = \frac{k}{\gamma} \cdot \left(\frac{d w}{dz} \right) \quad (59)$$

2 - İzafi mesamatın su zayıatı

Mesamat emsali ϵ için II inci faslın umumî tarifler kısmında şu nisbeti bulmuştuk :

$$\varepsilon = \frac{v - v_s}{v_s}$$

Yani o zaman da bu muadeledeki v ile nümunenin hali tabîdeki hacim nisbetini ve v_s ile aynı nümunenin kuru bir haldeki vaziyetini ifade etmiştik.

Şimdi l tulünde vahit maktında şekil 48 de gösterildiği veçhile bir zemin menşurunu kale alalım: Bu menşuru biri nazarı sıkışma haddine kadar teksif edilmiş zerratı ihtiva eden l tulünde ve diğeri boşlukları ihtiva eden $l - c$ iki menşura ayırdığımızı farzedelim. Böyle bir menşur ve şakulî bir kuvvet tatbik edip cıdarlarının tevessü e demiyecğini kabul edersek yukarıda zikrettiğimiz c tulü değişmeyecek ve fakat $l - c$ tulündeki boşluk menşurunun e hacmi tenakus edecektir. Şekilde görüldüğü veçhile:

$$l = c + e \quad \text{ve} \quad \Delta l = \Delta e \quad \text{olacaktır.}$$

Birinci fasıldaki tarifat üzere $c = \text{sab'it}$ olduğuna göre

$$\varepsilon = \frac{l}{c} \quad \text{ve} \quad l = c \cdot \varepsilon$$

$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta l}{c}$$

ve bundan : $\Delta l = c \cdot \Delta \varepsilon$

ve bundan da izafî tazyik:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta e}{c + e} = \frac{c \cdot \Delta \varepsilon}{c + c\varepsilon} = \frac{\Delta \varepsilon}{1 + \varepsilon} \quad \dots \dots \dots (60)$$

İkinci fasılda Odeometre tecrübesile tazyiki mesamat emsal diyagramı vazihan tarif edildiği gibi p vahit tazyik ne göre mesamat emsali ile sıkışma emsalinin nisbeti tefazuliyesi de gösterilmiş idi. Buna binaen birinci fasıldaki sıkışma emsali için yazmış olduğumuz $a = \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta p}$ muadelesindeki $\Delta \varepsilon$ kıymeti 60 No. lu muadeleye konuldukta şu neticeyi elde etmiş oluruz:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{a}{1 + \varepsilon} \cdot \Delta p \quad \dots \dots \dots (61)$$

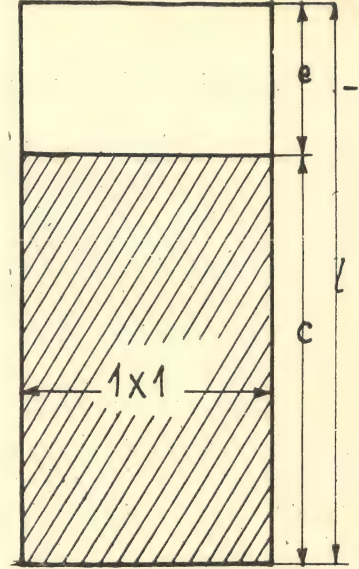
Bu muadeleyi kısaltmak için Fröhlich'in verdiği v nin kıymetini ifade eden aşağıdaki münasebet alınırsa

$$v = \frac{a}{1 + \varepsilon} \quad \dots \dots \dots (62)$$

ve işbu kıymetin mesamatın izafî su zayıyatını ifade etmesi cihetle buna istinaden (61) No. lu muadele şu şekli alır:

$$\Delta l = v \cdot \Delta p \cdot l \quad \dots \dots \dots (63)$$

İşbu muadelenin ifade ettiği münasebet şudur: l tulünde ve gerilme irtifai Δp olan bir zemin menşurunun içindeki su sütununun irtifai, mesamatın izafî su zayıyatının Δp tazyik tahavvülâtının



Şekil: 48

hasılı zarbına müsavi olduğundan dolayı menşurun eski tulüne muadildir. v olan izafî mesamat su zayıatının makûs kıymetine tazyik modülü tesmiye edilir ve onun kıymeti formülde M_e ile ifade edilir. Bu tariflere binaen 60 ıncı muadele de şu şek'ilde yazılabilir:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{M_e} \cdot \Delta p \quad \dots \dots \dots (64)$$

İşbu muadelenin Hook kanununa müşabih olduğunu görüyoruz. Yalnız Hook muadelesinde elâstikiyet modülü olan E yerine bu muadelede tazyik modülü olan M_e kaim oluyor. Tazyik modülünün eb'adı aynen elâstikiyet modülünün eb'adıdır. Yani bir gerilmenin eb'adıdır.

KİLDEN MESAMAT SUYUNUN AKINTISI HAKKINDA MUADELEİ TEFAZULİYE

Profesör Dr. Terzaghi'nin gösterdiği veçhile tahmil edilen zemin tabakasındaki suyun cereyanı suhuncetin temadi sevkine müşabihtir. Bu müşabehe için Terzaghi termodinamik müşabehet tâbiri-ni kullanmıştır. Zemin mesamat tanelerinin birbirine karşı olan tazyik gerilmesi ile ve mesamatta mevcut suyun hidrostatik tazyikini w ile ifade eder sek zeminin daha derin bir mantığına inildikte:

$$w = p_1 - p \quad \text{ve} \\ dw = - dp$$

ve 59 No. lu muadeleye göre:

$$Q_z = \frac{k}{\gamma} \cdot \frac{dw}{dz}$$

dt vahit zamanında tazyikin dp miktar tezayüdüne göre su cereyan miktarını şu muadele ile ifade edebiliriz:

$$\frac{dQ_z}{dz} = v \cdot \frac{dp}{dt} = -v \frac{dw}{dt} \quad \dots \dots \dots (65)$$

Bu münasebet II inci faslın 36 No. lu muadelesindeki sıkışma emsalini tarif eden münasebetten de istihraç edilebilir. Çünkü mesamat emsali kurumuş olan maddenin vahit hacminde bulunan su miktarını ifade eder. Yani: $dQ_z = \frac{d\varepsilon}{1+\varepsilon}$ vaz olundukta v nin dahi izafî mesamat su zayıatını ifade etmesi dolayısıyla 59 No. lu muadelenin her iki tarafının tefazulisi alındıkta şu muadeleyi elde etmiş oluruz.

$$\frac{dQ_z}{dz} = \frac{k}{\gamma} \cdot \frac{d^2w}{dz^2} \quad \dots \dots \dots (66)$$

65 ve 66 No. lu muadeleler birbirine müsavi kılındıkta cereyan şeklini gösteren âtîdeki ikinci derece tefazul muadelesini elde etmiş oluruz.

$$\frac{k}{\gamma \cdot v} \cdot \frac{d^2w}{dz^2} = \frac{dw}{dt} \quad \dots \dots \dots (67)$$

İşbu muadele teşekkülü itibarile, suhuncetin izotrop muadelesindeki temadis'ne ait esas muadelenin bir muadilidir. 67 No. lu muadeledeki $\frac{k}{\gamma \cdot v}$ ibaresi yerine c konulduğu takdirde muadelemiz şu şekli alır:

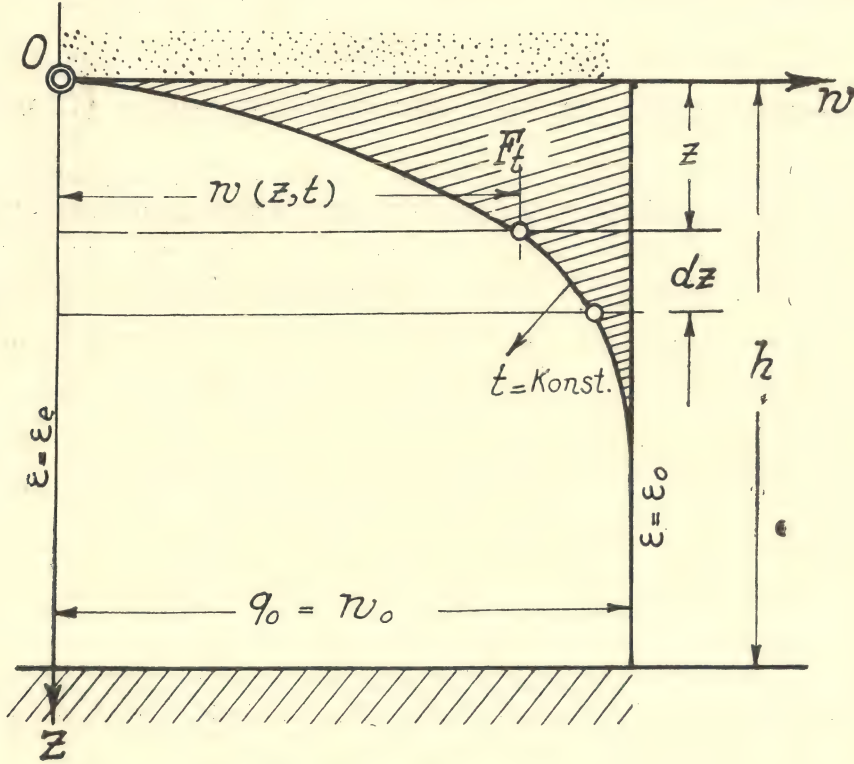
$$c = \frac{k}{v \gamma} = \frac{k}{a \gamma} (1+\varepsilon) \quad \dots \dots \dots (68)$$

Terzaghi ve Fröhlich'e göre c ye sulpleşme emsali ismi verilmiştir.

3. - Sulplaşmakta bulunan bir kil tabakası dahilinde tasmanın umumî muadelesi:

Kılden müteşekkil bir tabaka q_0 gibi mütesavi bir hamuleye maruz bırakılırsa ve bu tabakanın hududunu teşkil eden sathlar kabili nüfuz bulunursa o vakit amudî istikamette ve kabili nüfuz bulunan hudut sathına doğru kil tabakasındaki mesamat suyu harekete geçer.

Bilûmum hidrostatik w_z tazyikleri münteha noktaları muayyen ve sabit muhtelif z derinliklerine göre her bir t zamanı için ufukî bir mihver üzerine tersim edilirse o vakit bir münhani elde edilmiş olur. Bu münhaniye İsochron ismi verilir. Şekil 49. Bu münhaninin muadelesi 53 No. lu



Şekil: 49

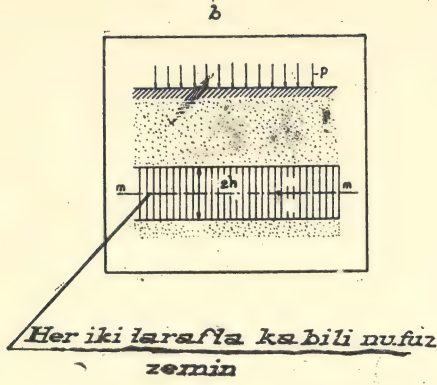
kısmı muadelei tefazuliyenin tamamının alınması ile elde edilir. Maamafih biz bu hususta muadelelerin takribiyetinin halli için iktifa edeceğiz. (Bu takdirde İzochronların parabol şeklini almış oluyoruz.) dz kalınlığının ve z derinliğinde bir lâmelânın t kadar bir müddet tazyik ile sıkışmasından sonra hasıl olan ds miktarı bu müddet zarfında tazyik ile sıkışmasından dolayı harice çıkan su sütununa muadildi. Binaenaleyh evvelce yazdığımız 63 üncü muadele: $l = v \cdot \Delta p \cdot l$ ve bundan dolayı:

$$ds_t = v (q_0 - w_z) dz \quad \dots \dots \dots (69)$$

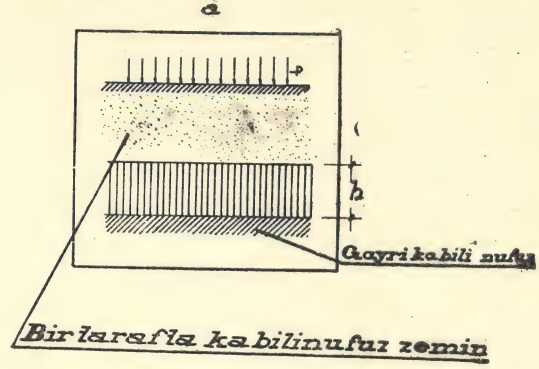
İşbu muadele izafi mesamat su kaybını ifade eder. 69 uncu muadelenin her iki tarafının tamami alınır:

$$s_t = v \int_{z=0}^{z=h} (q_0 - w_z) dz = v \cdot \left\{ q_0 \cdot h - \int_0^h w_z dz \right\} \quad \dots \dots \dots (70)$$

Kerre dahilinde bulunan ifade şekil 50 de taranmış olan F_t sathını ifade eder. İşbu sath için şekle göre şu ifadeyi yazabiliriz:



Şekil: 50



Şekil: 51

$$F_t = \mu q_0 h$$

$$q_0 \cdot h = F_0 \quad (71)$$

$$F_t = \mu F_0 \quad (72)$$

F bütün tahmil sathının ifade ettiği şekildir ki bizim bu meselemizde mustatildir. Sulplastırma derecesini ifade eder. Buna göre 66 No. lu muadelede t müddetinden sonra tasman miktarı şöylece yazılabilir:

$$s_t = v \cdot \mu \cdot F_0 \quad (73)$$

Bu muadeledeki

$$\mu = 1 - \frac{\int_0^h w_z \cdot dz}{F_0} \quad (74)$$

69 No. lu muadelede Fröhlich ve Terzaghinin vermiş oldukları tasman hesabının esas muadelesini teşkil eder. Buna göre İzochron münhanisi yani hidrostatik tazyiklerin münhanisi mevcut olduktan sonra mesamattaki izafî su zayıatı v ve tahmil sathı olan F_0 malûm oldukça sulpleştirme derecesi olan μ bilhesap bulunabilir. Çünkü $w_z = t$, z'nin takribî olarak tâbiidir ve malûmdur.

$$t = \infty \text{ olursa } F_t = F_0 \text{ olur, bundan}$$

$$\mu = 1 \text{ ve } s_{\infty} = v \cdot F_0 \quad (73a) \text{ olur.}$$

4 - Hidrostatik tazyik münhanilerinin kat'ı mükâfî olarak kabul edilmesi suretile hususî hallerin sureti hesabı.

Hamule sathı bir mustatil yani $F_0 = q_b \cdot h$ olduğunu kabul edelim:

İşbu hususî mühim hal, killi bir tabaka üzerine birdenbire mütesaviyen münteşir bir hamule konulduğu takdirde hasıl olur ve bu en mühim hususî hal olarak telâkki olunur. Meselâ killi bir tabaka üzerine birdenbire muayyen ve sabit kalınlıkta bir çakıl tabakası tahmil edildiği zaman bu şekil vücut bulur. Ve tahmilden dolayı kil tabakasında q_0 gibi bir gerilme hasıl olur. Bu hususî halde iki şıkkın birbirinden tefriki lâzımdır.

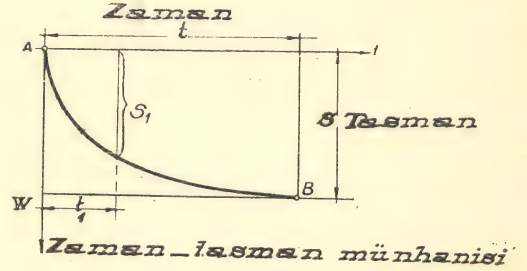
a) Kil tabakasının yalnız üst tarafından gayrı kabili nüfuz bir tabaka ile ihata edilmiş bulunması yani altlarının kabili nüfuz bir tabaka ile hemhudut bulunması ve diğeri de,

b) Kil tabakasının üst ve altı gayrı kabili nüfuz tabakalarla ihata edilmiş bulunmasıdır.

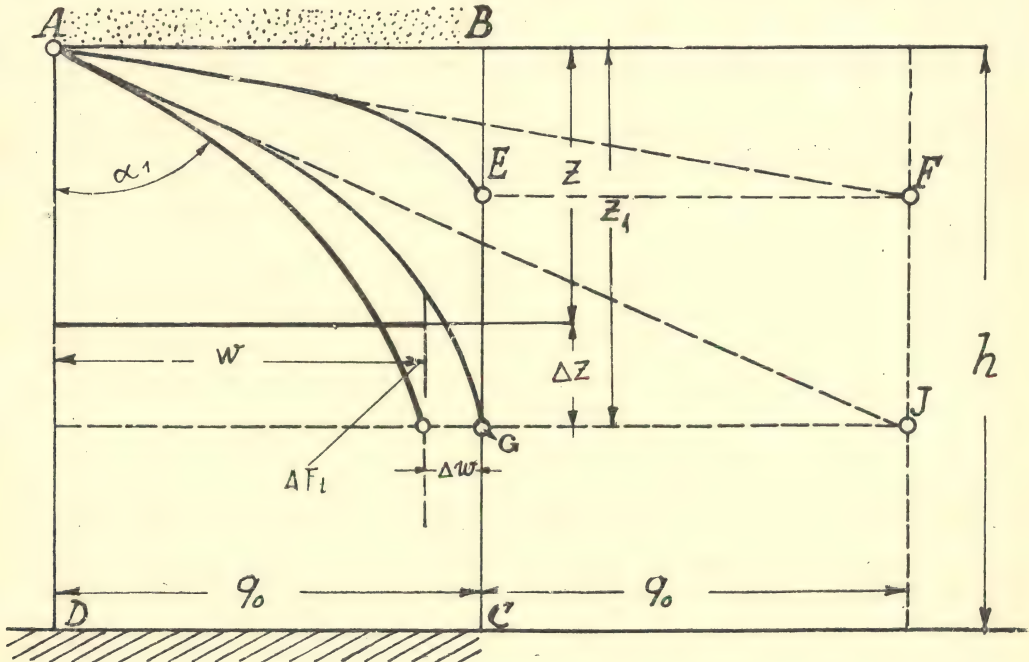
Terzaghi'nin gösterdiği veçhile b deki hususiyet a daki hususiyete icrayı tesir edebilir. Şöyle ki; b deki hususiyet kil tabakasının irtifai $2h$, a daki hususiyetin kil tabakası irtifai h ile ifade edilirse ve vasatî satıh (nisbî satıh) b hususiyet halinde gayrı kabili nüfuz nazarile bakılabilirliğinden gerilmelerin zamanla intişarını veyahut orta satıhtan itibaren sıkışmalar gerek yukarıya ve gerekse aşağı doğru aynı nisbet dairesinde tekrar inmelerini icap ettirir. Şekil 50 a ve 50 b ye müracaat.

Yürüttüğümüz hesabın hedefi zamanla hasıl olan tasman münhanisini bulmaktır. Bu münhanide tasmanlar fasla ve zamanlar tertiple gösterilir. Tabii olarak hakkında tetkikat yapılan zemin çok veya az kabili nüfuz mazlemeyi ihtiva ederse münhani dik veya yatık olur. Şekil 52 de kil ve kum için zamana tâbi olan tasman münhanisinin tipi gösterilmiştir. Buna nazaran bir zemin hakkında bu münhaniyi elde ettikten sonra muayyen fasılların da vuku bulacak tasmanları daha evvelden söylemek mümkün olacaktır.

Maamafih bu suretle bulunacak tasman miktarları kitabın diğer bir bahsinde söylendiği veçhile icrayı tesir eden bütün tesirlerin kısmen ihatası mümkün olduğu cihetle beklenen tasmanlar hakkında bu söylenilen miktarlar takribidir. Zemin ileri de 3 üncü fasılda umumî misallerle gösterileceği gibi zemin mihanîği hiç bir zaman yapılan inşaatta hasıl olan hakikî tasmanla nazari olarak bulunan tasman miktarını mukayeseden ve her ikisine ait tasman münhanisini çizmekten feragat etmemelidir. Yürüteceğimiz hesapta Terzaghi, Fröhlch, Bernatzik ve Dachselhafer taraflarından tatbik edilen usule yani hidrostatik tazyik münhanilerini'nin (İzochron) ların kat'ı mükâfi kavislerinden ibaret olduğunu kabul edeceğiz. Şunu ilâve etmek isteriz ki Terzaghi bu işte bir takribiyet elde etmek üzere hidrostatik tazyik münhanilerini kat'ı mükâfi değil, bir hattı müstakim olarak almış ve hesabını ona göre yürütülmüştür. t zamanın



Şekil: 52



Şekil: 53

da şekil 53 de kil tabakasının üst kısmı G noktasına kadar sıkışmış idi. Mesamat suyu hareket münhanisini teşkil eden A, G kat'ı mükâfi kavsi C B noktasında temas ediyordu. Kat'ı mükâfiye

A noktasında çizilen mümas J noktasından Z derinliğine çizilen ufki hattı G noktasında kat eder; bundan dolayı $GJ = AB = q_0$ olduğu malûmdur, ve A, B, G kat'ı mükâfi sathını F_t ile ifade edersek

$$F_t = \frac{1}{3} AB \cdot Z_1 = \frac{1}{3} \cdot q_0 \cdot Z_1 \dots \dots \dots (75)$$

olur. Mesamat suyunun Darcy kanununa nazaran aktığını kabul edersek o vakit (Δt) zamanında vahit sathıtan Z derinliğinde çıkan su miktarı şöyle ifade edilir:

$$Z : \Delta q_1 = \frac{k}{\gamma} (tg \alpha)_1 \cdot \Delta t$$

$Z + \Delta z$ derinliğinde ise:

$$z + \Delta z : \Delta q_2 = \frac{k}{\gamma} (tg \alpha)_2 \cdot \Delta t$$

olur. Mesamat su ziyatı (bu ziyat tazyikli Δz derinliğindeki unsurî parçadan çıkan su miktarı olup bu miktar unsurî mik'âbın irtifa tebeddülüne ircâ edilerek âtideki tarzda yazılabilir:

$$\Delta (\Delta q) = \Delta q_2 - \Delta q_1 = \frac{k}{\gamma} \Delta tg \alpha \cdot \Delta t = \Delta (\Delta z) \dots \dots \dots (76)$$

$$67 \text{ No. lu muadeleye göre: } \frac{\Delta (\Delta z)}{\Delta z} = \frac{a}{1 + \epsilon} \cdot \Delta w \dots \dots \dots (77)$$

olmakla mezkûr parçanın nisbî irtifa tebeddülü şu şekle girer:

$$\Delta (\Delta z) = \frac{a}{1 + \epsilon} \cdot \Delta w \cdot \Delta z$$

ve 76 No. lu muadele ile birleştiğinde,

$$\frac{k}{\gamma} \cdot \Delta tg \alpha \cdot \Delta t = \frac{a}{1 + \epsilon} \cdot \Delta w \cdot \Delta z = v \cdot \Delta w \cdot \Delta z$$

Bundan başka:

$$\Delta w \cdot \Delta z = \Delta F_t$$

$$\text{Binaenaleyh: } \Delta t = \left(\frac{v \gamma}{k} \right) \cdot \frac{\Delta F_t}{\Delta tg \alpha} = \frac{1}{c} \cdot \frac{\Delta F_t}{\Delta tg \alpha} \dots \dots \dots (78) \text{ olur.}$$

t zamanı âtideki münasebetle:

$$t = \frac{1}{c} \int \frac{dF_t}{\Delta tg \alpha} + C \dots \dots \dots (79)$$

muayyendir.

c = sulpleşme emsalı, C = muadelei tefazuliyenin sabitini ifade eder.

Ve 75 No. lu muadeleye göre:

$$F_t = \frac{1}{3} q_0 \cdot Z_1$$

ve:

$$dF_t = \frac{1}{3} q_0 \cdot dz_1 \quad (80)$$

$\Delta \operatorname{tg} \alpha$, G noktasından A noktasına doğru meylin tebeddülünü ifade eder. ve $\operatorname{tg} \alpha_G = 0$

olduğundan

$$\Delta \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_A = \frac{2 q_0}{Z_1} \quad (81)$$

75 No. lu muadelenin (76) ve (77) No. lu muadelelere göre:

$$t = \frac{1}{6c} \int Z_1 dz_1 + C = \frac{Z_1^2}{12c} + C$$

Zaman $t = 0$ olduğunda $Z_1 = 0$ olur. Bunun için $C = 0$ olur. Ve muadelemiz şu şekli alır:

$$t = \frac{Z_1^2}{12c} \quad (82)$$

h irtifama nazaran sulplasma hâdisesinin hangi t zamanda vuku bulacağı (82) No. lu muadelenen istihraç edilebilir.

$$Z_1 = h \quad \text{olursa}$$

$$T = \frac{h^2}{12c} \quad \text{olur.} \quad (82a)$$

Bu suretle sulplasma hâdisesinin birinci merhalesini ikmal etmiş bulunuyoruz. Sulplasma hâdisesinin ikinci merhalesinde $t > T$ olduğunda tazyik münhanisinin kat'ı mükâfi, başı C ve D noktaları arasında bulunur. Hidrostatik tazyikin azamî kıymeti w_{ht}, q_0 dan küçüktür. 54 No. lu şekilden ât'deki münasebeti istihraç edebiliriz:

$$\Delta \operatorname{tg} \alpha_A = \operatorname{tg} \alpha_A = \frac{2 w_{ht}}{h} \quad (83)$$

Şimdi taranmış F_t sathını şöylece ifade edebiliriz.

$$F_t = q_0 h - \frac{2}{3} \cdot w_{ht} \cdot h \quad (84)$$

ve

$$dF_t = - \frac{2}{3} \cdot h \cdot dw_{ht} \quad (85)$$

$$t = - \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{3} h^2 \int \frac{dw_{ht}}{w_{ht}} + C$$

Binaenaleyh muadele (75) şe göre:

$$t = - \frac{1}{3} \cdot \frac{h^2}{c} \cdot \ln. W_{ht} + C \quad (86)$$

ve

bulunur.

5 - II Sulplasma derecesi

Tasmanı tayin eden (63) No. lu muadelenin tatbikinde sulplasma derecesini hesap edebiliriz. Bu muadeleden âtideki kıymetler istihraç edilmiştir:

Birinci merhale: $0 < t < T$

$$\mu_1 = 2/3 \cdot \frac{\sqrt{3ct}}{h} \dots \dots \dots (87)$$

Bir kat'ı mükâfi muadelesidir.

İkinci merhale: $T < t < \infty$:

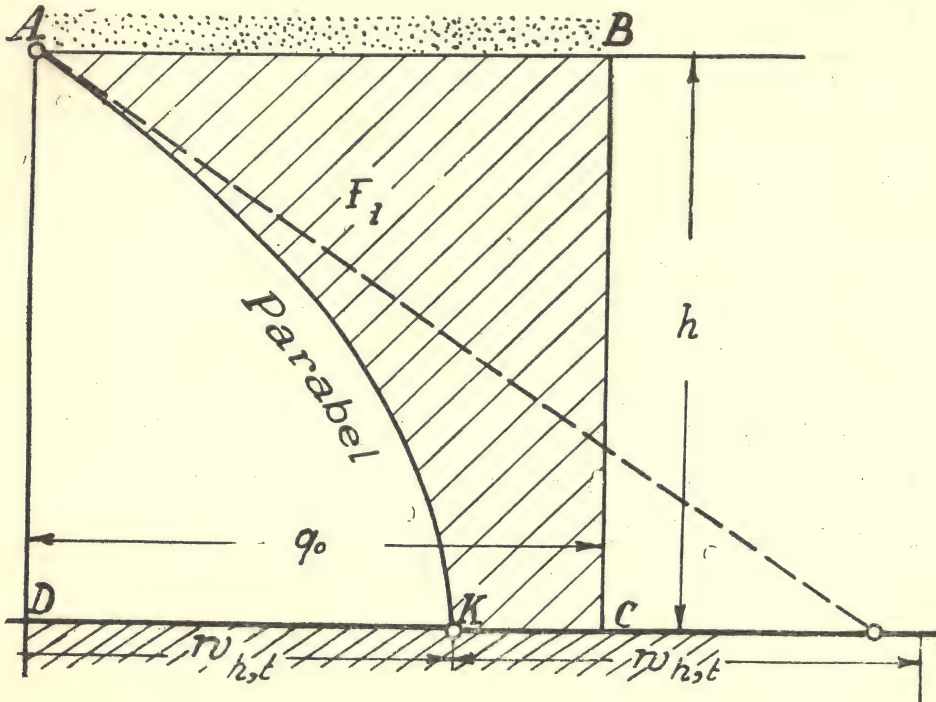
$$\mu_{II} = 1 - \frac{2}{3} e^{-\left(\frac{3ct}{h^2} - \frac{1}{4}\right)} \dots \dots \dots (88)$$

Binaenaleyh birinci ve ikinci merhalenin hududunda $\mu = 1/3$ olur. İşbu merhalede tasman hesap usulünü göstermiş oluyoruz. Ve evvelce (73) No. lu muadeleye göre tasman için t zamanın mürurundan sonra şu muadele yazılabilir:

$$s_t = \mu \cdot v \cdot F_0$$

Yani tasman sulpleştirme derecesi izafî mesamat su zayıatı ile ve hamule sathının hasılı zarbına müsavidir.

Misal: Bir bina sihanı 5 m olan bir kil tabakası üzerine inşa ediliyor, kil tabakası gayrı kabili nüfuz bir zemin üzerinde bulunuyor. Mütamadî bir kil levhasının altında bulunan ve mütamadî bir tahmilden hasil olan tabakanın kuvve tahmiliyesi 3 kg/cm^2 dir. Bu tahmil merhalesinde killi zemin için hacim sıklığı: $\gamma_e = 2 \text{ ton/m}^3$ dir.



Şekil: 54 — Tahaccürün ikinci merhalesi.

Sual: Suleştirme vaziyeti zamanla ne şekil alacaktır? Yani zeminin tasmanı zamana tâbi olduğuna göre tasman miktarı ve şekli ne olacaktır?

Yapacağımız bu hesap esnasında binanın zemine birden bire yüklendiğini farzedeceğiz. Binanın zemin üzerine icra ettiği yükten dolayı inşaat esnasında yükün tedricî olarak zemine icra edeceği tesir ve tasman bu kitabın ilerideki bahislerinde söylenecektir. Şimdi ise zeminin birden bire yüklendiğine göre hesabımızı yürüteceğiz. Tahmil edilen bu kil zemin malzemesi hakkında lâboratuvar tecrübesinden çıkarılan tazyik mesamat emsal diyagramı ve mesamat nüfuziyet emsal diyagramı elde mevcuttur.

Evvel emirde tazyik mesamat emsal diyagramından 3 kg/cm^3 ne düşen mesamat emsali bulunur. Bu takdirde $\varepsilon = 0,53$ bundan sonra sulpleştirme miktarı hesap edilir. Birinci fasılda (6)

No. lu muadeleye göre: $a = \frac{d \varepsilon}{d p} = \frac{0,02}{1,00} = 0,02 \text{ cm}^2/\text{kg}.$

Bundan sonra K nüfuziyet emsali elde mevcut mesamat nüfuziyet emsal diyagramından istihraç edilir. Bu takdirde $k = 0,158 \text{ cm/sene}$ olur. En nihayet buna ait izafî mesamat su zıyatı bize lâzım olur. Bu ise (72) No. lu muadeleye göre:

$$v = \frac{a}{1 + \varepsilon} = \frac{0,02}{1,53} = 0,0131 \text{ cm}^2/\text{kg}.$$

Sulpleştirme emsali (78) No. lu muadeleye $\gamma_e = 0,002 \text{ kg/cm}^3$ olduğuna nazaran:

$$c = \frac{k}{v \cdot \gamma_e} = \frac{0,158}{0,0131 \times 0,002} = 6030 \text{ cm}^2/\text{sene} \text{ bulunur.}$$

a) Binanın hey'eti umumiyesinin namütenahi bir zaman sonra tasmanı ne kadardır?

Muadele (83 a) ya göre: $q_0 = 3 \text{ kg/sm}^2$; $h = 500 \text{ cm}.$

$$s_\infty = v \cdot F_0 = v \cdot q_0 \cdot h = 0,0131 \times 3,00 \times 500 = 19,65 \text{ cm}.$$

b) Birinci merhalenin sulpleşme hâdisesi kaç sene sonra htiâm bulacaktır?

(82a) No. lu muadeleye göre:

$$T = \frac{h^2}{12 c} = \frac{(500)^2}{12 \times 6030} = 3,45 \text{ sene}$$

olur ki ilk merhale sulpleşmenin $3\frac{1}{2}$ sene sonra htiâm bulacağını göstermektedir. Bu müddet zarfında evvelce bildirildiği veçhile sulpleşme derecesi $\mu = \frac{1}{3}$ kıymetindedir. Yani tasman; umumî tasmanın üçte biri nisbetindedir. Çünkü:

$$s_{3,45} = \frac{1}{3} \times 19,65 = 6,55 \text{ cm.} \text{ olur.}$$

c) Arazinin 1 veya 5 sene sonra beklenen tasmanların miktarı ne kadardır?

α) Bir sene sonra sulpleşmenin ilk merhalesi (87) No. lu muadeleye göre:

$$\mu_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3ct}}{h} = \frac{2}{3} \times \frac{\sqrt{3 \times 6030}}{500} = 0.179$$

Binaenaleyh bir sene sonra tasman miktarı (73) No. lu muadele mucibince:

$$s_1 = 0.179. \text{ v. } F_0 = 0.179 \times s_{\infty} = 0.179 \times 19,65 = 3,52 \text{ cm}$$

β) 5 sene sonra tasman sulplaşmanın ikinci merhalesi ne kadardır?

Burada (80) No. lu muadele muteberdir. Yani:

$$\frac{c}{h^2} t = 0.0241 t$$

$$\mu_{11} = 1 - \frac{2}{3} e^{-(15 \times 0.0241 - 0.250)} \cong 0.400$$

Bineanaleyh 5 sene sonra b'nanın yapacağı tasman miktarı:

$$s_5 = 0.400 \times s_{\infty} = 0.400 \times 19,65 = 7.86 \text{ cm.}$$

olur.

d) Gördüğümüz veçhile yekûn tasman miktarı namütenahi uzun bir müddet sonra vuku bulduğu halde bu tasmanın büyük bir miktarı gayet kısa bir zamanda cereyan eder, şimdi ise ne zaman ve kaç sene sonra tasman miktarının yüzde 95 i vuku bulduğunu tahkik edelim. Bu vaziyette sulplaşma hâdisesinin ikinci merhalesi mevzuunun hududu ise yukarıda yazdığımız veçhile:

$$\mu = \frac{1}{3} = \%33,33$$

(88) sayılı muadeleye göre μ_{11} malûm olup meçhul olan t müddetidir. Buna nazaran:

$$\mu_{11} = 0.95 = 1 - \frac{2}{3} e^{-\left(\frac{3ct}{h^2} - \frac{1}{4}\right)} = 1 - \frac{2}{3} e^{-(3 \times 0.024t - 0.250)} \quad \text{ve}$$
$$\left[\left(\frac{c}{h^2} \right) \cdot t = 0.0241 \cdot t \right] \quad \text{olduğundan}$$

Bundan:

$$0.05 = \frac{2}{3} e^{-(0.0723 t - 0.250)} \quad \text{bulunur.}$$

Veyahut her iki tarafın da logaritması alındıkta:

$$- 0.0723 \cdot t = \log \text{ nat } 0.075 - 0.250$$

buradan

$$t = 39,5 \text{ sene}$$

bulunur.

Yani takribî olarak 40 sene sonra yekûn tasmanın % 95 i vuku bulmuş olur. Halbuki bütün tasman yekûnu namütenahi bir zaman sonra vuku bulacağı nazarı itibara alındıkta amelî olarak tasmanın sonu hiç bir zaman elde edilemeyeceği hakikati meydana çıkar.

$\frac{c}{h^2} \cdot t$ kıymetini kısaca τ ile ifade edersek 87, 88 No. lu muadeleler şu şekli alır:

$$\mu_1 = \frac{2}{3} \sqrt{3\tau} \dots \dots \dots (87a)$$

Bu şart $\mu = \frac{1}{3}$ kıymetine kadar muteberdir. Ve

$$\mu_{11} = 1 - \frac{2}{3} \cdot e^{-\left(3\tau - \frac{1}{4}\right)} \dots \dots \dots (88a)$$

Bu da μ lerin âtideki kıymetlerine göre muteberdir. Yani:

$$\mu_{11} = 1/3 \text{ den } \mu_{11} = 1 \text{ ya kadar.}$$

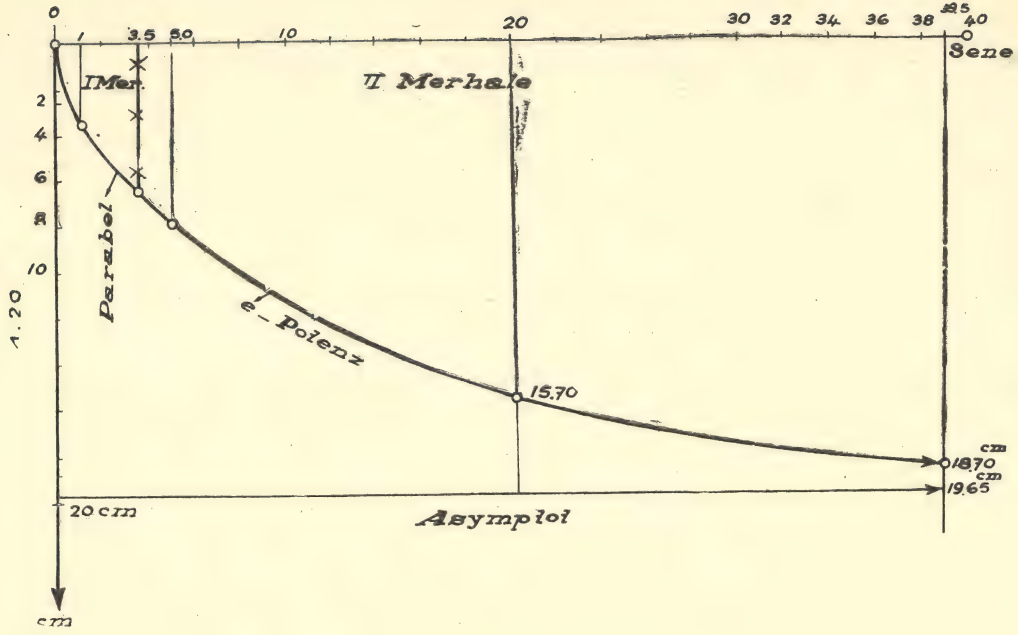
(87a) No. lu muadele bize zaman tasman münhanisinin birinci merhalede bir kat'ı nakıs olduğunu öğretiyor.

Buna göre elde mevcut τ kıymetlerine ait μ kıymetlerini hesap ederek bir cetvel tanzim olunabilir.

Cetvel: No. 8

| μ | τ | μ | τ | μ | τ |
|-------|--------|-------|--------|-------|----------|
| 0.05 | 0.0019 | 0.35 | 0.0918 | 0.70 | 0.3495 |
| 0.10 | 0.0075 | 0.40 | 0.1185 | 0.75 | 0.4103 |
| 0.15 | 0.0169 | 0.45 | 0.1475 | 0.80 | 0.4847 |
| 0.20 | 0.0300 | 0.50 | 0.1792 | 0.85 | 0.5806 |
| 0.25 | 0.0469 | 0.55 | 0.2144 | 0.90 | 0.7157 |
| 0.30 | 0.0667 | 0.60 | 0.2536 | 0.95 | 0.9468 |
| 0.333 | 0.0833 | 0.65 | 0.2987 | 1.00 | ∞ |

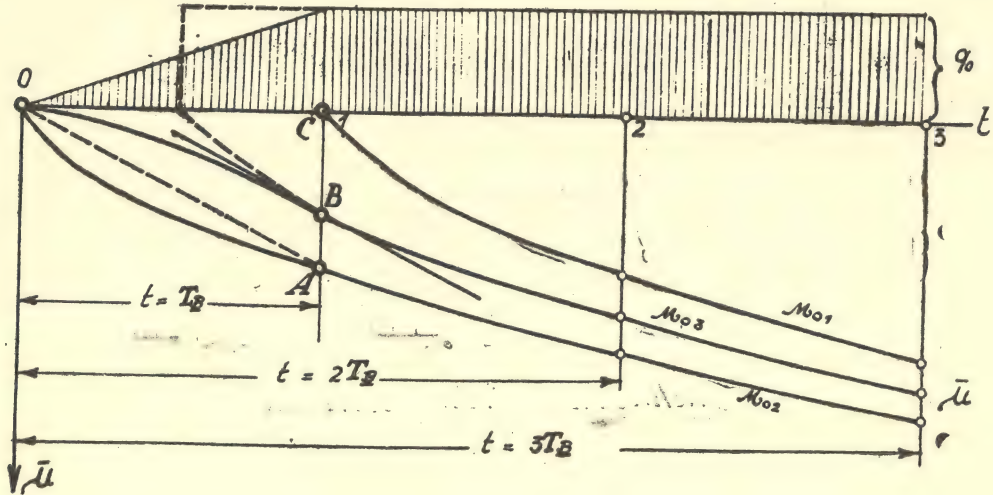
Bulmuş olduğumuz t zaman kıymetleriyle s tasman kıymeti vasıtasıyla bilm'kiyas yukarıda gösterdiğimiz misal için zamana tâbi tasman mürhanisi çizilebilir. Şekil 55.



Şekil : 55 — Tasman münhanisi

İkinci hususî hal:

Şekil 56 da görüldüğü veçhile şimdiye kadar sabit bir süratle tahmili tezayüt eden bir kil tabakası ve yalnız olarak birden bire tahminin icrası ve bundan dolayı kil tabakalarında hasil olan hidrostatik tazyiklerin sureti ceryeanı ve tesirlerinden bahsettik. Halbuki hakikatte hamulenin tezayüdü



Şekil : 56 — Tahminin tedricî çoğalmasile hasil olan zaman tasman münhanisi

bir binanın inşasında görmüş olduğumuz halden inşaat sıklığı inşaatın terakkisi ile tezayüt eder ve birdenbire olmayıp her vakit tedricîdir. Meselâ inşaat müddetinin hitamında T_B azamî kıymetine varmıştır. Bu tarzı hesap için Terzaghi ve Fröhlichin kitaplarına müracaat edilebilir.

Şekil 56 da hamulenin birdenbire veya tedricî olarak tesir ettiğine göre husule getirdiği tasmanlar sar'ih olarak görülmektedir. Şekil 56 da üç muhtelif μ münhanisi tersim edilmiştir.

$t = 0$ veyahut $t = T_B$ müddet zarfında birdenbire q_0 sıklığı ile tahmil edilen zemine ait μ_{01} ve μ_{02} münhanileri görülmekte olduğu gibi $t = 0$ den $t = T_B$ müddetine kadar tedricî olarak

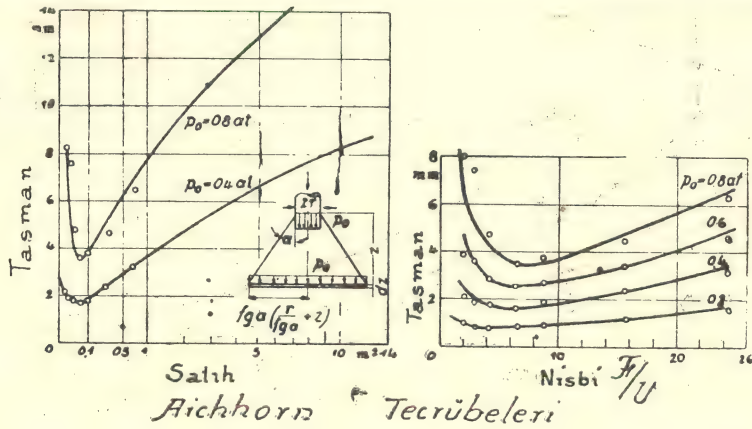
tahminden dolayı hasil olan μ_{03} münhanisi de görülmektedir. 29 No. lu muadeleye göre μ kıymetleri s_t tasman kıymetile mütenasip olduğu için μ ; μ_{01} , μ_{02} , μ_{03} münhanileri killi bir tabakada zamana müsteniden tasmanın sureti cereyanı hakkında bir fikir verir. Şekil 56 daki μ münhanisi amelî hesaplar için çok mühimdir. Çünkü bir inşaatın gerek inşaat safahatı esnasında ve gerekse inşaatın hitamında zamana müstenit tasman münhanisi bilinmelidir. Bu münhani zamanın temadisinde μ_{01} ve μ_0 münhanileri ortalarından geçmektedir.

Zaman - tasman münhanisini, en iy'si inşaat müddet'nin yarısı olan $t = \frac{T_B}{2}$ zamanından sonra (Şekil 56 da çizgili hatla görünen) ve tamtesirini ancak T_B zamanında yani B noktasından itibaren kabul olunan q_0 miktarında mütesavi ve birdenbire vazolunan bir hamule icrayı tesir ettirerek B noktasından münhaninin mebdעי olan 0 noktasına doğru ve B noktasındaki müması haiz bir münhani çizmek suretile elde edilebilir. Bu münhanin tesbitinde Dr. Fröhlich T_B olan inşaat müddet'nin zeminin sulplasma birinci merhale müddetine müsavi olduğunu farzetmiştir. T_1 muadele (82a) ya göre hesap olunur. Şayet inşaat müddeti sulplasma zemini merhale müddetinden fazla veya eksik olursa hesap takribî olarak aynı surette cereyan eder.

Köprü ve temel inşaatı hakkındaki amelî misallerle zaman tasman münhanisinin çizilmesi için müteaddit misaller bu kitabın 3 üncü kısmında mevcuttur.

C — Tasmanın, tahmil sathının ebadı ile olan tâbiyeti

Bu kitabın birinci faslında söylenildiği veçhile bir binadan dolayı temeli teşkil eden zemindeki tazyik tamamile mütesaviyen intişar etmediği halde mütesaviyen intişar ettiği farzedilse bile sabit bir taban tazyiki esnasında muhtelif sath ebadına göre birbirinden çok farklı tasman kıymetleri hasil olur. Şekil 57 de Aichhorn tarafından sath ebadının tasmana olan tesirlerini gösteren münhaniler görülmektedir. Bundan görülyor ki sathın takribî $0.06m^2 = 600m^2$ olduğunda kum malzemesinde asgarî tasman vuku bulduğu ve bu tasmanın tazyik sathının $\frac{F}{U}$ olan sath nısıf kutur ile takriben hattî olarak tezayüt ettiği anlaşılır. Aichhorn tecrübelerini $\frac{F}{U}$ ile yapmış, halbuki sulp zemin-



Şekil: 57

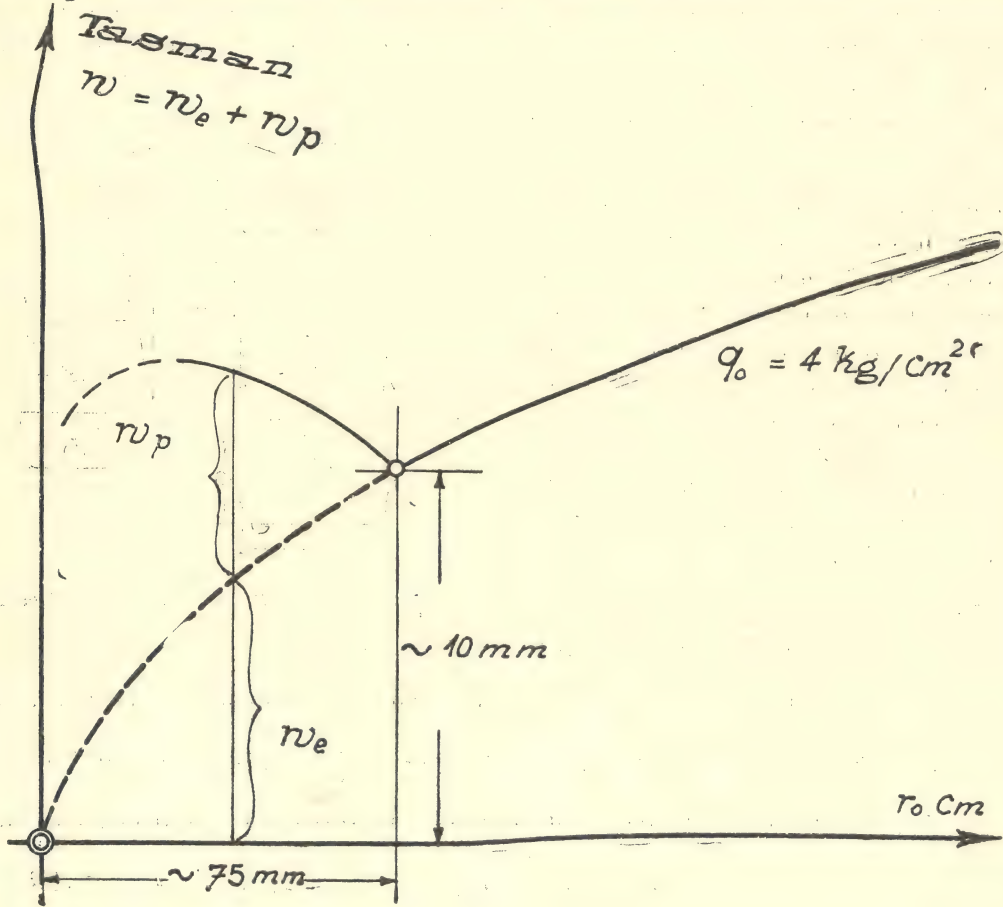
lerde zamanın tasmana olan tesiri pek büyük olduğunu evvelce gördük. Aynı zamanda sath ebadının büyümesiyle zemin emsalinin küçüldüğünü Felemenklerin tecrübelerini kitabımızın başka bir bahsinde gösterdik. Bu da Aichhorn tarafından yapılan tecrübelerle dahi sabit olmuştur.

Çünkü: $P = k.w$ veyahut: $w = \frac{P}{k}$

Formülünün ifadesi;

Sabit bir sath tazyiki olan p ve tenakus eden yatak emsali olan k tasman miktarı olan w tezayüt eden sath miktarı ile tezayüt eder. Bu hakkatı Aichhorn tecrübeleri dahi teyit etmiştir. Fakat yaptığı tecrübelerde kullandığı sath 600 santime'ne murabbandan yukarıda başlamıştır. Hamule sathının ebadının tasman üzerindeki tesirinin tecrübe yolu ile tesbiti 1926 senes'nden 1931 senesine

kadar Freibergdeki Kögler tarafından başlamış veson senede umuma teşhir edilmiştir. Aynı zamanda ayrıca bu mesele hakkında Press tarafından yapılan tecrübeler de Kögler ve Aichhorn tarafından elde edilen netayıcı teyit etmiştir. Şekil 58 de hamule tasman diyagramı gösterilmiştir. Diyagramda zemin tazyiki sabit ve hamule sathı dairevî olup muhtel f nısıf kuturları haiz olduğu takdirde ve vahit hamule 4 kg/cm^2 olduğuna göre hesap yapılmıştır. Bu netayıcı şekil 57 de Aichhorn tarafından bulunmuş olan münhanilere tetabuk ediyor. Aichhorn tarafından yapılan diyagramdan umum



Şekil: 58 — Fröhliche göre tahvil sathının tasmana tesiri

tasman miktarı: $w = w_e + w_p$ yani elâstik ve plâstik kıymetlerin yekûnundan hasil olan tazyik sathının 75 m/m nısıf kuturlu olduğunda tasman kıymeti takriben 10 m/m hesap edilebilmiştir. Halbuki r_0 daha küçük nısıf kuturlar için tasman miktar ve kıymeti daha çoğaldığı görünmektedir. Maamafih Fröhliche göre sath vüsati 45 santimetre murabbai olduğunda tasmanın asgarî olduğu görülüyorsa da Aichhorn'a göre 600 santimetre murabbai olan bir sathıta asgarî olduğu hesap edilmiştir..

Bu tetkikin neticesinde Aichhorn tarafından istihsal edilen netayıcı daha emniyetbahş olduğunu kabul etmek lâzımdır. Çünkü tecrübe esnasında yükletme fasılları ve her fasıllarda $0,2 \text{ kg/cm}^2$ bir yükletme icra edildiği halde Fröhlich tarafından icra edilen tecrübeden tek bir yükletme yapılmıştır. Ve bu yükletme miktarı 4 kg/cm^2 olarak nazarı itibara alınmıştır.

Aşağıda Viyanadaki Fischer tarafından binaların tasmanı hakkında takribî faraziyatla hesap edilen ve bâhusus tecrübe tahmilleri hakkında istinat ettiği netayıcın ve bu netayıcın de tazyik sathının eb'ad ve şeklinin nazarı itibara alındığı ve amelî hayatta bulunan bütün meslek arkadaşlarının icra ettikleri tatbikatta ve elde ettikleri netayice tetabuk eden usullerden bahsedilecektir. Muameleyh'in yaptığı faraziyat ve tatbikat bizce malûm ve ideal olan mesnet cismine irca ediliyor. Bu

mēsnet cismi muvazeneten mümkün ve muvazenet vaziyeti her vakit tahtı temine alınabilir. Bu farâziye sayesinde tasmanın miktarını basit bir surette takribî olarak bulmak ve tazyik sıathının muhtelif şekil ve ebadı hakkında bir fikir edinmek imkânını bahsetmiştir. Ufkî olan bir zemin sıathı üzerine bir sulp sıath vazedilmiş olsun ve bu sıath P_1 yükü ile tahmil edilmiş bulunsun. Şekil 59, şimdi ise A ve B kenar vaz'iyesi dahilinde bulunan zeminden temdit edilen kısmı tetkik edelim. Şakulî bir menşur teşkil eden bu kısmın sıutuh ve cephesi hamule sıathından bellidir. Bu menşur aşağıya doğru namütenahiye varıyor, eğer sıatha dayanan kitle serbest olursa onun hamuleden dolayı tebdilî şekli namütenahidir. Bu kuvvetlerden başka yukarıya doğru mümās kuvvetler veya hususî delk ve temas mukavemetinden dolayı kuvvetler icrayı tesir ettikleri gibi sulp zeminlerde zeminin rabıtası dahi icrayı tesir eder.

Fischer malûm bir problemin muavenetile a mudî tazyikin tahavvülünü ve derinliğin tezayüdünde mümās gerilmeler hakkında cari olan kanunu basit bir şekilde bulmuştur. Rabıtası şayanı zikr olmayan taneli zemin malzemesi için şakulî zemin menşurunun yan tazyiki takribî olarak bir silo hücresinde olduğu gibi hesap olunabilir. dz sıhanında ve dG sıkletindeki tabakanın dQ ufki tazyikten mütevellit delki temastan hasıl olan şakulî ve yukarı doğru icrayı tesir eden dT mümās kuvveti şöylece ifade edilebilir:

$$dG = F \gamma dz$$

olarak

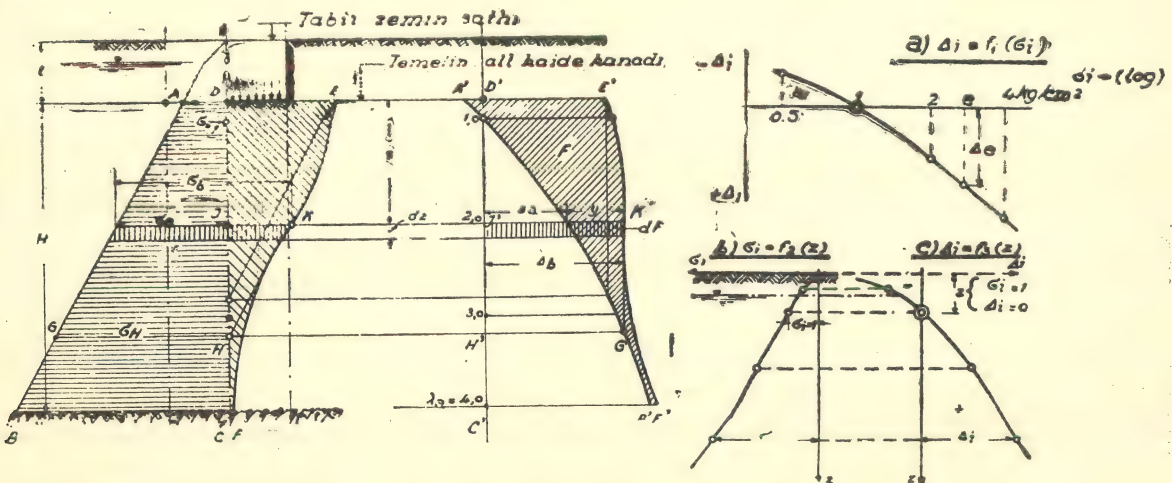
$$dT = \mu dQ = \mu q \cdot U dz = \mu \cdot p \cdot \epsilon \cdot U dz$$

Ve işbu muadelelerde F makta sıathını, U tahmil levhasının muhitini, γ zeminin hacim sıklet'ini, $\mu = \tan \varphi$ delki temas emsalini ve $q = p \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = p \cdot \epsilon$ z derinliğinde ufki tazyiki ifade eder. İşbu z derinliği şakulî tazyikle ifade edilir. dz irtifandaki şakulî tazyikin tahavvülü şudur:

$$dP = dG - dT = (F \cdot \gamma - \mu \cdot p \cdot \epsilon \cdot U) dz \quad \dots \quad (89)$$

Ve izafî tazyikler için şu ifade muteberdir:

$$dp = \frac{dP}{F} = \left(\gamma - \mu \cdot p \cdot \epsilon \cdot \frac{U}{F} \right) \cdot dz \quad \dots \quad (89a)$$



Şekil : 59 a — Tahlilî tasman grafiği

$\frac{F}{U}$ yerine sathın nısıf kutru olan R konul dıkta ve (89 a) No. lu muadelenin $k = \frac{\mu \varepsilon}{R}$ ile tamamisi alındıkta:

$$\ln (\gamma - k.p) = - k.z + C \quad (90)$$

kıymeti elde edilir:

$z = 0$ olduğunda (üst sath tazyiki) $p = p_0$ olur,

$$\text{Bunun için:} \quad \ln (\gamma - k. p_0) = C \quad (91)$$

(88) ile (89) No. lu muadeleleri birbirinden çıkarıldıkta;

$$\ln \frac{\gamma - k.p}{\gamma - k.p_0} = -kz$$

$$p = p_0 \cdot e^{-kz} + \frac{\gamma}{k} \left(1 - e^{-kz} \right) \quad (92)$$

Zemine P miktarında ilâve edilen hamuleden dolayı yalnız hasil olan tasman miktarı tesbit edilmek istenilirse o vakit zeminin zatî sıklığını nazarı itibara almamak lâzım gelir. Yani: $\gamma = 0$ konmak lâzımdır ve z derinliğindeki şakulî tazyikin kıymeti şöyle olur:

$$p = p_0 \cdot e^{-kz} \quad (92a)$$

İşbu formülde: $K = \frac{\mu \varepsilon}{R}$

(Malûm olduğu veçhile Terzaghi ilk olarak İstanbulda Robert Kollejde E_b kıymetinin sabit olmadığını tesbit etmiş olmasına rağmen) zeminin E_b kıymetindeki sabit ve takribî olan elâstik yet modülünün kabulü şartile dz sihanındaki tabakanın elâstiki sıkışması şu formül ile ifade edilir:

$$ds = \frac{p}{E_b} \cdot dz = \frac{p_0}{E_b} \cdot e^{-kz} dz \quad (93)$$

Bu muadelenin tamamını aldıkta:

$$s = \frac{p_0}{E_b} \int_0^\infty e^{-kz} \cdot dz = + \frac{p_0}{E_b} \left(\frac{1}{k} \right) = + \frac{p_0 R}{E_b \cdot \mu \varepsilon}$$

93 sayılı muadele rabitasız zeminlerde muteber olduğu gibi rabitası az olan zeminler için de kabilî tatbiktir.

Fischer'e göre E_b için âtideki vasatî kıymetleri kullanılmaktadır:

- 1— Kum ve çakıl için: $E_b = 100 - 300 \text{ Kg/cm}^2$
- 2— Kil ve marn için : $E_b = 300 - 500 \text{ Kg./cm}^2$

$R = \frac{F}{U}$ vasatî sath nısıf kutru tasmana icrayı tesir etmektedir. R ise, temel sathının şekline tâb'dir. (93) No. lu muadelenin tatbiki muhtelif temel sathlarının şekline göre âtideki hususî halleri iktisap eder.

1 — Murabba şeklindeki makta için: $R = \frac{a}{4}$

$$s = \frac{p_0 a}{4E_b \cdot \mu \cdot \epsilon} \quad (93a)$$

2 — Daire şeklindeki makta için (r nısıf kutur) : $R = \frac{r}{2}$

$$s = \frac{p_0 r}{2E_b \mu \epsilon} \quad (93b)$$

3 — Uzun mustatıl şeklindeki hamule sathları için (müstatıl sathı a. b)

$$R = \frac{a \cdot b}{2 \cdot (a+b)} = \frac{b}{2 \left(1 + \frac{b}{a}\right)} \quad \text{ve}$$

$$a = \infty \quad ; \quad R = \frac{b}{2} \quad \text{olur bundan}$$

$$s = \frac{p_0 \cdot b}{2 \cdot E_p \cdot \mu \cdot \epsilon} \quad (93c)$$

Yukarıdaki 93a dan 93 c ye kadar yazılan çökme muadeleler'nde tasmanın murabba dılı ile veya nısıf kutru ile veyahut uzun mustatıl genişliği ile mütenasiben tezayüt ettiği keyfiyeti evvelce bahsettiğimiz Kögler, Press, Aichorn ve Fröhlich'in bulmuş oldukları neticelerle tetabuk etmekte-
dir.

Her ne kadar yukarıki tasman formülleri zeminler için Hook kanununun talep ettiği şeraiti ifade etmiyorlarsa da yine hakikatte vuku bulan çökmeler hakkında bir takribiyet ifade ettiklerin-
den verdikleri netice yataklanma veya zemin emsali yani tasmanla hamule arasındaki emsalin sabit olamadığını ve b'lâkis temel sathının büyümesiyle tenakus ettiğini göstermektedir. Buna rağmen yukarıki tasman formülleri mukayeseli hesaplar veya hususî hamule tecrübelerinde ehemmiyet kes-
betmektedirler.

Tahmil tecrübeler'nde rasat edilen tasmanlar her ne kadar tahmil tasman diyagramında tersim ve bununla yukarıki tariflere göre tazvikle temas arasındaki münasebet elde edilmekte ise de doğru-
dan doğruya daha büyük veya şekil itibariyle değişikli temel sathlarına teşmili mümkün değildir. Tecrübe tahmil sathı ile temel sathı malûm olduğutakdirde F'cher'in tasman formülünün tatbikinde temelın tecrübe sathında vuku bulan tasmanın nisbet rakamı olan n kolaylıkla bulunabilir. Tecrübe sathı tasman diyagramının fasla ve tertipler'nin n misli büyültülmesiyle temel'n beklenen tasman diyagramı elde edilir. Maatteessüf şimdiye kadar yapılan tecrübe tahminler'nde bu hususun tatbiki unutulmuştur.

d — Zurih'de mühendis Haefeli tarafından, tasmana ait grafik tahlili usulü:

Haefeli tarafından gösterilen bu usul; âtideki mütalealara müstenittir:

Odometre tecrübesi esnasında, nümunenin yanlara doğru yayılmasına mani bulunduğu takdirde, vahit irtifadaki üstüvanesinin ilk toplanma miktarı $\Delta_i = \frac{h_i - h_1}{h_1}$ olup bu da σ_i tazyikinın bir tâbij olarak bulunmuş olur.

Bu düşünceye müsten'nden aşağıdaki amprik formülü yazabiliriz:

III. ÜNCÜ KISIM

Ameliyat sahalarında tatbikat

a — Bursadaki Gölbaşı seddesi tasmanlarının Geophysik usul ile kontrolü:

Türkiye cümhuriyetinin takip ettiği muazzam su siyasetinin bir cüz'ünü de Gölbaşı seddesi teşkil etmektedir. Bu seddenin inşasından maksat seylâbî derelerin feyezan sularını bir araya toplayarak vücade getirdikleri büyük bataklıkları kurutarak bunların teşekküllerine mani olmak ve aynı zamanda iddihar edilen bu sular ile ovayı sulamaktan ibarettir. Bu seddenin inşasında ve inşaatın ikmalinden sonra vücade gelen tasmanlar dairei aidesi tarafından bilfiil mahallinde ölçüldüğü gibi bu ölçüler Dr. Gruner tarafından Geoteknik metotlarla lâboratuvarlarda kontrol ettirilmiştir. Seddenin maktâi şekil 60 da 12 sondaj deliğinin jeolojik vaziyetleri şekil 61 de gösterilmiştir. 9/8/932 den 30/8/935 senesine kadar hava tarafındaki anroşmanın başlığında ölçülen tasman miktarları VII. No. lu cetvelde kaydedilmiştir.

Tasmanların hesabına esas olarak Dr. Ing. O. Fröhl'ch'in formüllerinden tasman hesabına mahsus metotlarla mumaileyhin Zürihteki su inşaat lâboratuvarının zemin taharriyatı enstitüsündeki tecrübelerinden istifade edilmiştir.

Şekil 62 de ilk önce şakulî zemin tazyik miktarları gösterilmiştir.

a) Mihverin solunda halî tabîide olan zemin tazyikleri yani zeminin üzerine seddenin imlâsı vücade getirilmeden yani inşaata başlamadan evvel zeminin zatî sıkletinden hasıl olan gerilmeler gösterilmiştir.

z derinliğine doğru bu gerilmenin hatvarî tezayüt kanununa ittibaen hareket edeceği bedihîdîr. Yani:

$$\sigma_{zg} = \gamma \cdot z \quad (94)$$

b) Sedde imlâsı için kat'î nakıs şeklinde bir hamule tevzii kabul edilmiştir. (Bu hususta Fröhl'ch'in yazdığı kitabın 18 inci faslının 41 inci sahifesine müracaat). Bu gibi kat'î nakıs şeklindeki sertvari hamulenin tabanında icra ettiği tazyik miktarı şu muadele ile ifade edilir:

$$p = 3/2 \cdot p_0 \left(1 - \frac{x^2}{b^2} \right) \quad (95)$$

İşbu muadeledé $p_0 = 2/3 \cdot p_{\max}$ vasatî taban tazyiki

b = şerit genişliğinin $1/2$ si ve

x = şerit mihverinden itibaren bir zemin noktasının mesafesi.

mevcut olmadığı cihetle takribî olarak:

$$\gamma_1 = 2,0 \text{ ton/m}^3 \quad \text{ve} \quad \gamma_2 = 1,4 \text{ ton/m}^3. \quad \text{kabul olunmuştur.}$$

Cetvel No. VII.

Toprak seddenin hava tarafında anroşman başlığı kısmında ölçülen tasmanlar

| | Profil No. 14 | Profil No. 7 | Profil No. 4 |
|-----------|---------------|--------------|--------------|
| 9/8/932 | 128.64 | — | — |
| 26/9/932 | 128.50 | — | — |
| 15/10/932 | 128.48 | — | — |
| 29/11/932 | 128.48 | 128.72 | 128.70 |
| 27/2/933 | 128.43 | 128.60 | 128.68 |
| 18/3/933 | 128.19 | 128.49 | 128.60 |
| 2/4/933 | 128.08 | 128.48 | 128.62 |
| 9/5/933 | 127.97 | — | — |
| 4/6/933 | 127.94 | 128.42 | 128.57 |
| 3/7/933 | 127.89 | 128.42 | 128.57 |
| 3/8/933 | 127.87 | 128.42 | 128.57 |
| 6/9/933 | 127.87 | 128.39 | 128.54 |
| 6/10/933 | 127.85 | — | 128.52 |
| 6/11/933 | 127.82 | 128.36 | 128.51 |
| 3/12/933 | 127.76 | 128.29 | 128.46 |
| 9/1/934 | 127.76 | 128.29 | 128.46 |
| 4/2/934 | 127.75 | 128.29 | 128.46 |
| 14/3/934 | 127.74 | 128.29 | 128.46 |
| 4/4/934 | 127.72 | 128.29 | 128.45 |
| 3/6/934 | 127.67 | 128.27 | 128.45 |
| 4/7/934 | 127.65 | 128.27 | 128.45 |
| 7/8/934 | 127.64 | — | — |
| 8/9/934 | 127.62 | 128.26 | 128.44 |
| 3/11/934 | 127.59 | 128.25 | 128.44 |
| 14/12/934 | 127.56 | 128.24 | 128.43 |
| 21/3/935 | 127.54 | — | 128.43 |
| 26/4/935 | 127.53 | 128.21 | 128.43 |
| 30/5/935 | 127.51 | 128.21 | 128.42 |
| 30/6/935 | 127.51 | 128.21 | 128.42 |
| 30/7/935 | 127.51 | 128.21 | 128.42 |
| 30/8/935 | 127.47 | 128.19 | 128.41 |

Zemin tazyik'inin yekûnu yan. seddenin sıkleti dahil olmaksızın yalnız zeminin zatî sıkleti sedde hamulesile zemin tazyiki σ_{zp} ve nihayet supressiyonun ΔA miktarında tenakusu doalyısıyle şakulî zemin gerilmes'nin mecmuu elde edilir. dz irtifaında bir zemin tabakasının ds miktarındaki tazy ki evvelce söyledığımız veçh'le şu muadele ile hesap olunur:

$$ds = \left(\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0} \right) dz = \Delta dz \quad (98)$$

Bu miktar nazari olarak namütenahi bir zaman sonra, ve amelî Δ olarak çok uzun zamanlar sonra, kil ve marn cinsindeki zeminlerde ise pek çok seneler sonra tabakanın bütün tasmanını ifade eder. İşbu muadeleyi şöylece ifade edebiliriz:

Bir tabakanın uzun bir zaman zarfındaki tasmanı $\Delta = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0}$ tabakanın izafî sıkışması ile dz tabaka irtifainın hasılı zarbına müsavidir. Binaenaleyh her bir derinlik için şakulî olan zemin gerilmesi bu yolda hesap edilir. Bunu müteakip bundan tazyik mesamat emsal diyagramının yardımı ile münferit tabakaların izafî sıkışma $\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{1 + \varepsilon_0}$ miktarları istihraç edilir ve badehu zeminin yüzünden itibaren derinlik miktarları fasla ve onlara ait Δ izafî sıkışma miktarları da tertip olarak tersim olunursa o vakit münferit mustatilin satih miktarı münferit Δz irtifaındaki tabakanın tasmanı elde edilir. Ve bunların yekûnu da mevzuubahs irtifadaki bütün tasman miktarını verir.

Ceman yekûn 16 profil muayene edilmiştir. Bu profillerden ancak 24,7 ve 4 No. lu profil kontrol edilmiştir.

Yukarıda sayılan 3 profilin bilmesaha elde edilen yekûn tasmanları, ilk mesaha edilen kuvvetlerin tenzili suretiyle şu yolda tesbit edilmiştir:

| | |
|--------------------------|-------------|
| Profil 14 tasman miktarı | 117 santim. |
| Profil 7 tasman miktarı | 53 santim. |
| Profil 4 tasman miktarı | 29 santim. |

Bu mesahalar taş anroşmanın başlığında icra ettirilmiştir. Halbuki Fröhlich nazariyesi tasman mesahasının yalnız seddenin mihverinde yapılmasına müsaade etmektedir. Bu suretle bir hata vücade gelmektedir. Bu hatanın tabii olarak ve mesaha ile yapılan ve hesapla istihraç edilen neticelerin birbirile mukayeselerinde nazari tihara alınması icap eder.

Tazyik mesamat emsal diyagramının 4 No. lu muadelesi olan:

$$\varepsilon = -\frac{1}{B} \cdot \ln (p+p_0) + C_1 \quad \dots \dots \dots (98)$$

de $\sigma_q = p+p_0$ ve $\varepsilon = \varepsilon_q$ konuldukta şu muadale elde edilir.

$$\varepsilon_q = -\frac{1}{B} \ln \sigma_q + C_1 \quad \dots \dots \dots (99)$$

ve $p+p=1$ ve $\varepsilon = \varepsilon_1$

$$\text{olduğunda} \quad \varepsilon_1 = -\frac{1}{B} \ln 1 + C_1 = C_1 \quad \dots \dots \dots (99a)$$

Her iki muadeleyi birbirinden tarhederek şu muadeleleri elde ederiz:

$$\text{Yekûn hamulesi için:} \quad \varepsilon_1 - \varepsilon_q = \Delta q = +\frac{1}{B} \ln \sigma_q$$

$$\text{Zati sıkleti için:} \quad \varepsilon_1 - \varepsilon_g = \Delta g = +\frac{1}{B} \ln \sigma_g$$

Gruner'in usulü veçhile takribî olarak surette bulunan Δ nın $1 + \varepsilon_0 = 1$ hesap edilme şekli daha gayri müsait bir vaziyet doğurmuş olur. Bu takdirde izafî sıkışma; mesamat emsalinin tenakusuna müsavi kılmak lâzımdır.

$$\Delta = \varepsilon_g - \varepsilon_q = \Delta q - \Delta g$$

$$\Delta = +\frac{1}{B} \cdot \ln \frac{\sigma_q}{\sigma_g} = \frac{1}{B} \ln \left(1 + \frac{\sigma_q}{\sigma_g} \right) \quad \dots \dots \dots (100)$$

σ_p umum tazyiki ifade etmeyip yalnız tahmil dolayısıyle hasıl olan tazyiki ifade eder.

Bu umumî misalde $B = 20$ olarak kabul olunmuştur. Terzaghi kabarma emsali olan A için zemin mihankii kitabının 70. inci sahifesindeki 19 No. lu cetvelde şu kıymetleri vazetmiştir.

1 o. lu kil için: 52,7

IV No. lu kil için: 22,3

Bu rakamlar (5) No. lu muadele mucibince A olan kabarma emsalinin kıymetleridir. B olan sıkışma emsallerinin kıymetleri (4) No. lu muadele mucibince daha küçüktürler. Yani ($B < A$) Grüner tarafından B için esas tutulan $B = 20$ kıymeti Terzaghinin IV. No. lu kil için kabul ettiği kıymete yaklaşmaktadır.

$$\Delta \% = 5,0 \cdot \ln \left(1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_g} \right) \dots \dots \dots (100a)$$

Gölbaşı seddesinin 3,4, ve 7 no. lu profillerinin zikredilen noktalarındaki tasmanları yukarıda gösterilen metot dairesinde bilhesap tesbit edilmiş ve net'celeri cetvel halinde olarak aşağıya dercedilmiştir.

Porapolık taban tazyık intişarı :

$$p = \frac{3}{2} p_0 \left(1 - \frac{x^2}{b^2} \right) \quad \text{dir.}$$

Sedde ve sudan dolayı zeminde husule gelen gerilme ;

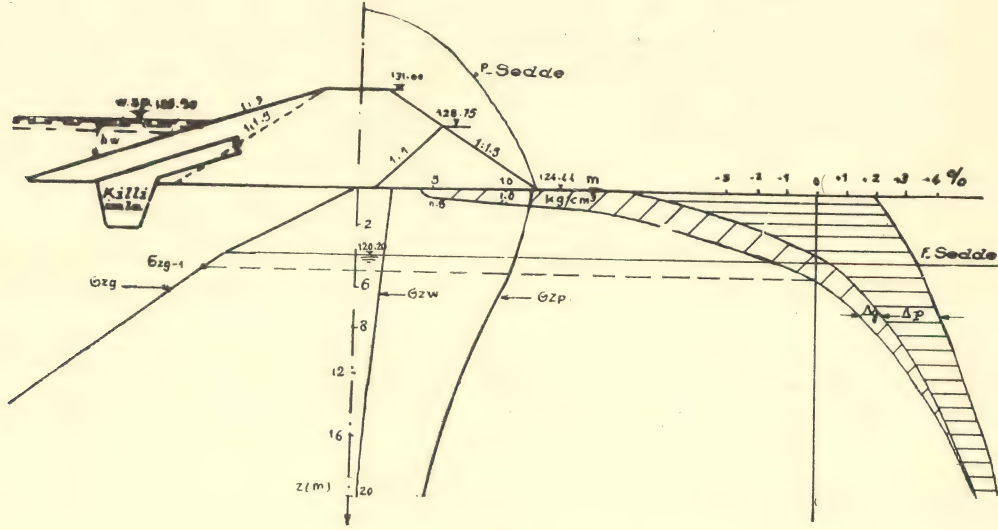
$$\sigma_{zp} = \frac{3}{\pi} \cdot p_0 [\cotg \beta + \beta (1 - \cotg^2 \beta)]$$

Cetvel: VIII.

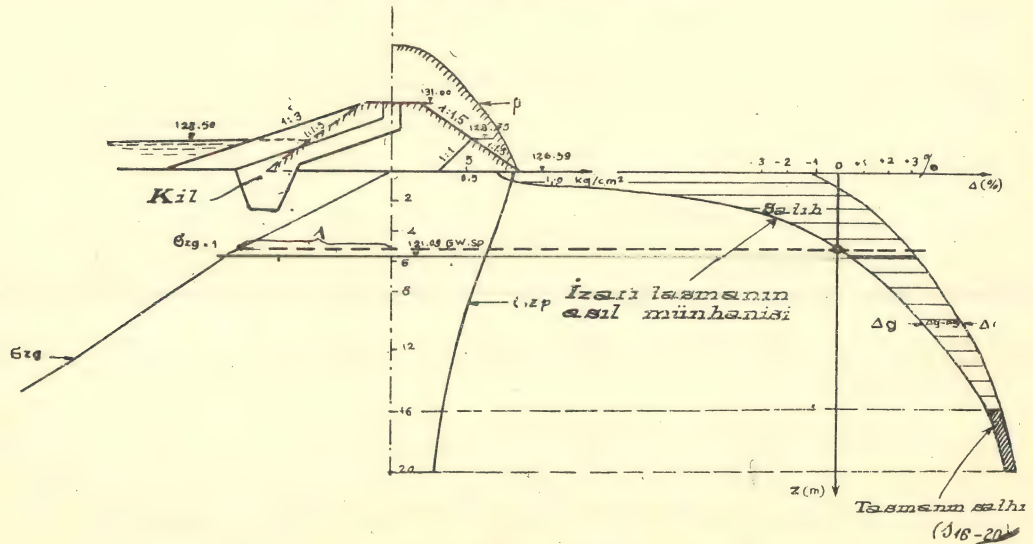
| Taban genişliği m. | Profil 14 | | Profil 7 | | Profil 4 | |
|-----------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|
| | Sedde hamulesi p kg/sm ² | Su hamulesi p kğ/sm ² | Sedde hamulesi p gk/sm ² | Su hamulesi p kg/sm ² | Sedde hamulesi p kg/sm ² | Su hamulesi p kg/sm ² |
| 0 | 1.65 | 0.43 | 1.14 | 0.22 | 0.81 | — |
| 2 | 1.63 | — | 1.11 | 0.21 | 0.77 | — |
| 4 | 1.56 | 0.41 | 1.01 | 0.17 | 0.63 | — |
| 6 | 1.44 | 0.35 | 0.85 | 0.12 | 0.40 | — |
| 8 | 1.28 | — | 0.62 | 0.04 | 0.09 | — |
| 10 | 1.06 | 0.25 | 0.32 | — | — | — |
| 12 | 0.81 | — | — | — | — | — |
| 14 | 0.56 | — | — | — | — | — |

Cetvel No. IX

| Derinlik m. | Profil 14 | | Profil 14 | | Profil 7 | | Profil 4 | |
|----------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | Sedde $\angle \beta$ | Hamu- lesi σ_{zp} | Su $\angle \beta$ | Hamu- lesi σ_{zp} | Sedde $\angle \beta$ | Hamu- lesi σ_{zp} | Sedde $\angle \beta$ | Hamu- lesi σ_{zp} |
| 0 | 90°.00 | 1.65 | 90°.00 | 0.43 | 90°.00 | 1.15 | 90°.00 | 0.81 |
| 2 | 83°.30 | 1.61 | 84°.00 | 0.43 | 80°.00 | 1.12 | 76°.00 | 0.77 |
| 4 | 76°.20 | 1.57 | 78°.00 | 0.41 | 71°.00 | 1.05 | 65°.00 | 0.70 |
| 6 | 70°.00 | 1.50 | 72°.00 | 0.40 | 63°.00 | 0.92 | 55°.00 | 0.62 |
| 8 | 64°.30 | 1.41 | 66°.30 | 0.38 | 56°.00 | 0.88 | 47°.00 | 0.54 |
| 12 | 54°.30 | 1.24 | 57°.00 | 0.33 | 44°.30 | 0.72 | 35°.00 | 0.41 |
| 16 | 46°.00 | 1.07 | 49°.00 | 0.29 | 36°.30 | 0.60 | 28°.00 | 0.33 |
| 20 | 40°.00 | 0.94 | 43°.00 | 0.26 | 30°.30 | 0.51 | 23°.00 | 0.27 |



Şekil : 63 — Profil 7. Gölbaşı seddesi



Şekil : 64 — Profil 4. Gölbaşı seddesi

62 - 64 şekilleri tersim usulü ile tasmanları göstermektedir. Bu tasmanlar satıh elemanlarının yekûnu ile elde edilmiştir.

Yani:

$$ds = \Delta \cdot dz = \text{izafî sıkışma} \times \text{tabaka irtifai.}$$

Şekil b deki 95 No. lu muadelede yukarıki cetvel mucibince hesap edilen zem'in gerilmeleri derinliğin tabii olarak tesbit edilmiş ve hesapta bunların kıymeti bir taraftan sedde yığını σ_{zp} ve supressiyonunun tesirinin tenakusu olan ΔA ve diğer taraftan da sedde şevine icrayı tesir eden su tazyikine göre hesap edilmiştir. Şekil c de bunlara ait yüzde nisbetindeki izafî sıkışmalar z derinliğinin tâbii olmak suretile çizilmiştir.

Yukarıdaki tarifât dairesinde bu üç münhaniden biri seddenin inşasından evvel husule gelen ve zeminin zatî sıkletinden mütevellit Δg miktarındaki sıkışma, dğeri Δq_w miktarındaki su hamulesinden mütevellit şevine icrayı tesir eden kuvvet, üçüncüsü de sedde yığınının Δq miktarında icrayı tesir eden kuvvetin münhanisidir. Supressiyonun tenakusu dolayısıyla lâves lâzım olan cüz'î miktar Δq miktarında nazarı itibara alınmıştır.

Satıh tesbitinde tatbik edilen mikyas:

Tasmanların mesahası için tatbik edilecek satıh mikyası: İzafî sıkışmanın her iki tul mikyasının Δ yüzdesi ile dz derinliğinin hasılı zarbı ile elde edilir. Tatbıkatta bu usul şöylece yapılır

$$\begin{aligned} \Delta : \% 0.5 &= 1 \text{ cm.} \\ dz : 100 \text{ cm.} &= 1 \text{ cm.} \quad (1/100) \end{aligned}$$

Bunun için tasmanın mikyası $ds; \frac{0,5}{100} \cdot 100 = 0,5 \text{ cm}$ diyagramda ölçülen 1 cm 2 satıh için muteberdir.

Yukarıdaki tarifât veçhile Grüner'in metodu mucibince g veyahut $q = g + p$ mikdarında ve her iki münhani arasında tesbit edilen izafî sıkışmanın ölçülmesi zarurî olduğu bedihîdir.

Ölçülecek bu mesahalar şekilde taranmış olarak gösterilmiştir. Bunu tâkben Δ münhanisi ile z mihveri arasındaki satıhların ne suretle ölçüleceği gösterilecektir.

Yukarıda zikredilen profillerde bilfil ölçülen ile bilhesap bulunan tasman kıymetleri arasındaki mukayese aşağıdaki cetvelde gösterilmiştir

| Profil No. | Sedde hamulesinin tesiri | | Su sıkletinin tesiri |
|------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| | Anroşman başlığın- dan ölçülen tasman | Sedde başlığından hesap edilen tasman | Havuz dolu iken mü- tenazır tazyike göre hesap edilen tasman |
| | 30/9/30 — 9/8/32 | | |
| 14 | 117 Cm | 89.6 Cm | 36.0 Cm |
| 7 | 54 » | 64.4 » | 19.8 » |
| 4 | 29 » | 43.0 » | — |

Evvelce söylendiği veçhile tasmanlar az çok fazla olarak tesbi tedilmiştir. Sebebi de suretteki Δ kıymetinin takribî olarak 1 alınmasından ileri gelmiştir. İşbu emniyet emsalinden sarfınazar etmek istenilirse (98) sayılı muadele mucibince tasmanları hesap etmek icâf eder. Biz ise bunun âti-deki grafik usulü ile halledilmesini tavsiye ederiz.

lerek mihverine kaydedilir. Bu veçhile Δ münhan'lerinin tertip mihveri arasında teşkil ettikleri sahtılar, hâdis olan tasmanlar ifade eder. Bu suretle yalnız bir münhaninin çizilmesi mesele halledilmiş olur. Halbuki evvelki usulde hiç olmazsa iki münhaninin çizilmesine ihtiyaç vardır. Şekil 65 müracaat.

(100) sayılı muadeleden şu kıymetler elde edilir:

$$\sigma_g = 0 \quad ; \quad \Delta = \infty$$

$$\sigma_p = 0 \quad ; \quad \Delta = 0$$

Şekildeki taranmış satıh; sıkıştırılmış tabakanın bütün irtifata ait tasmanı göstermektedir. Bizim misalde 20 m irtifandaki tabakanın tasmanı gösterilmiştir.

Gölbaşı seddesinde mesaha edilenler ile bilhesap bulunan tasmanların mukayesesinde Dr. Grüner hesabını her ne kadar gayri müsait şartlar altında yürütmüş ise de ölçülen tasmanlar kısmen bilhesap bulunan tasmanlardan daha büyük çıkmıştır.

Bu hakikat su dairesi için sedde inşasında bir hatâ mevcut olduğu kanaatini hasıl etmiştir. Tasmanların durdurulması için daire tarafından bazı tedbirler ittihaz edilmiştir. Fen âlemince bu tedbirlerin neden ibaret olduğunun bilinmesi arzu edildiğinden bunun hakkında kısaca izahat vermeyi lüzumlu gördük.

Gölbaşı seddesinin şimal müntehasında kabili nüfuz kalkerden müteşekkil kayalar üzerinde inşa edilmiş bulunması ve bununla suyun kabili nüfuz kayalığın içine girerek tazyik altında kalması seddenin içine nüfuz etmesi tehlikesini intaç eder. Bu tehlikeye karşı mukabil bir tedbir olmak üzere Dr. Grüner tarafından iki sureti hal tavsiye edilmiştir.

1 — Çimento enjekte edilmek suretile su sızmaz bir perde vücade getirmek ve bu perdeyi tutunurca yer altında mevcut kıl setresine bağlamaktır. Şekil 60 şa müracaat.

Bundan başka bu perde dağın içine sokulacaktır.

2 — Seddenin mesnedi olan kaya sathı kısmının gayri kabili nüfuz bir hale getirilmesi için çimento enjeksiyonlarının icrası.

Derinleştirilen tetkikat neticesinde 2 inci maddede gösterilen tedbirin gayri kabil olduğu neticesine varılmıştır. Zira seddenin kaya zemini fazlaca çatla kolduğu cihetle yapılacak çimento enjeksiyonları kayada bir istinat bulmıyarak kaybolup gidecektir. Bu sebepten dolayı bundan sarfı nazarederek kemali itina ile ihzar edilecek su sızmaz bir perdenin vücade getirilmesine karar verilmiştir. Bu perde sayesinde sızıntı suretile gelen suların sedde içerisine nüfuz etmesine emniyetle mani olacaktır.

b) Löhavre'da büyük transatlantik istasyonunun tasmanları:

Aşağıdaki tatbik misali mühendislere yeni Geoteknik metodları öğretmeğe ve bu metodların kabiliyeti tatbik yerlerini göstermeğe matuftur.

Löhavre limanı Paris hükûmetinin en derin limanıdır. Bu limanın 3 kilometre tulündeki rıhtımı cezir su seviyesinden 12-14 metre daha derindir. Limanın işbu vaziyeti büyük bir transatlantik limanı olmasına sebebiyet vermiştir. Şekil 66. Bu liman istasyonunun umumî vaziyet plânını göstermektedir.

Liman istasyonunun tarihçesi

Yeni istasyonun temel işlerine başlanmadan evvel profil No. 21 de görüldüğü veçhile binanın orta yerinde bir tecrübe sondajı yapılmıştır. Bu sondaj nakıs 15 metre derinliğe kadar devam ettirilmiştir.

Temelin 30 metre uzunluğunda çakılan kazıklara oturtulması müşkül görüldüğü cihetle istikşafatı yapılan tecrübe sondajlarına müsteniden kısa kazıkların kullanılması teklif edilmişti.

İşbu kısa kazıklar 1 . 5 m derinliğindeki ilk çakıl tabakalarına çakılacak idi, 9 adet münfe-

rit kazık, üç kazıktan ibaret bir grup, bundan başka 6 kazıktan ibaret bir grup çakılmış idi. Yani zemine ceman 18 kazık çakılmıştı.

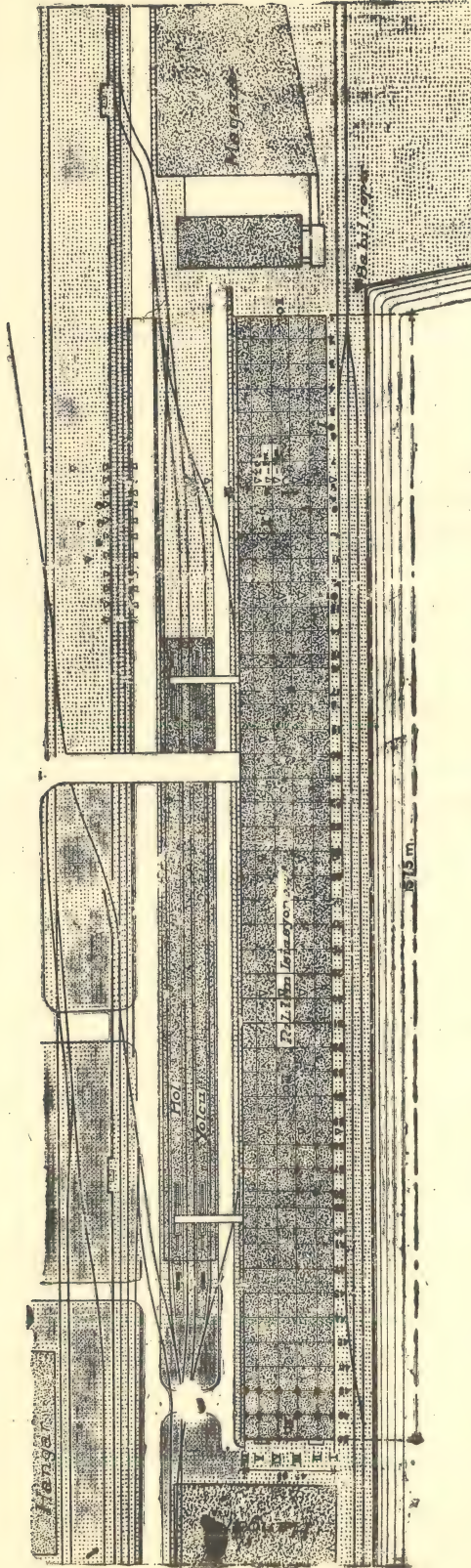
Şekil 67 de görüldüğü veçhile bu tecrübelerden beher kazığın 40 tonluk bir hamuleyi başara-bileceği anlaşıldığı c'hetle tahmil ve tahliye rampalarının haricinde bulunan bütün bina kısmının eski zemini tabiye çakılacak kısa kazıklar üzerine oturtulması kararlaştırılmıştı.

İntihap edilen kazık tipi; kaidesi zemin içerisinde genişletilerek dökülen bir kazık tipinden ibarettir. 2045 kısa kazık 3.5 ay zarfında ikmal edilmişti. Beton arme inşaatının kısa bir zamanda ikmalinden sonra binanın gayrı muntazam bir surette çökmesinden dolayı bazı çatlaklıkların husule geldiği görülmüştür. Binaenalyeh yukarıda anlaşıldığı veçhile yapılan temel inşaatının mütecanis olmaması yani hafif olan anbarların kısa kazıklar üzerine ve diğer tahmil ve tahliye rampalarının uzun kazıklar üzerine inşa edilmiş bulunması tabii olarak uzun kazıklar üzerinde oturtulan inşaatın ameli olarak sabit ve hareketten sakit kalmasına mukabil kısa kazıklar üzerine oturtulan inşaat çökmesini ve muvazeneten gayrı muayyen bir beton arme inşaatı için tabatile gayet muzır neticeler vermesini müc'p olmuştur.

8 No. lu profil civarındaki çökmeler en büyük idi. Bu sebepten dolayı bu noktada binanın desteklemeler ile tutturulmasına çalışıldığı halde muvaffakiyetli bir netice elde edilmemiştir. Hakikat halde zamanın müruru ile destekleme tertibatı ile inşaat profili kayarak çökmeler mütemadî surette gittikçe artmıştır.

Bu işe memur olan mühendisler tarafından bu çökme hâdiseleri hakkında muhtelif nazari faraziyat ortaya atılmıştır. Bu faraziyat şunlardır:

1 — Rıhtım duvarı denize doğru kaymakta olduğundan arkasındaki zeminin çökmesine sebebiyet vermiştir.



Sekil: 66 — Transatlantik rıhtım istasyonunun umumî vaziyet plant

İşaretiler

- Sondaj delikleri
- Piezometre boruları
(Yer altı su seviyesinin tayini içindir)
- ▽ Zemin sahında röperler
- ▼ Bağlanlı röperleri

Bu muhtelif izahat birbirini nakzetmediklerinden aynı zamanda bunları mezc ile mevzuubahs çökmenin esbabı mucibesi olarak gösterilebilir.

Bu sebepten dolayı taharrıya mahsus mufassal bir program tanzim edilmiş ve bu program mucibince bu tasmana sebebiyet veren âmillerin birbirinden ayrı olarak rasat, mesaha ve geoteknik usulü ile muayenelerinin crasına karar verilmiştir. Bu hususata âtideki malûmatın verilmesini fâdeil görmekteyiz.

Rasatlar, mesahalar ve tecrübeler:

Arazinin jeolojik hakikî profillerini elde etmek üzere müteaddit sondaj tecrübeleri yapılmış, sondajlardan çıkan malzeme nümuneleri zeminin geoteknik hassalarını tesbit maksadile lâboratuvarlarda muayene ettirilmiş ve nihayet yer altı su seviyesinin muhtelif noktalarda irtifalarının tesbitine çalışılmıştır.

A - Sondaj profilleri ve zemin nümunelerinin ilk muayeneleri:

Sondaj profillerinin mevkiîleri 65 No. lı şekildeki mevziî plânda görülmektedir. Bunlardan beş tanesi mihver üzerinde 18, 21, 34 ve 50 numaralarla gösterilmiştir. Diğer profiller azamî tasmanın vuku bulunduğu mıntakadakî 8 No. lu profilin arzanî maktaini çözmeye müsaittirler. 1933 senesi teşrin evvelinde yapılan ilk sondajlarda şu neticeler müşahede edilmiştir:

4.5 İngiliz parmağı kutrundaki sondaj deliği bir akşam 9.00 m. umka varmıştır. Ertesi günü sabahleyin tekrar işe başlanmak istenildiği zaman bu delikteki zeminin 1.5 m kadar yükseldiği müşahede edilmiştir. Bu hal diğer sondaj deliklerinde de aynen tekerrür etmiştir. Bu tezahürata mani olmak için sondaj borularının nümuneyi almadan evvel bir kaç metre daha derine çakılmalarına mecburiyet hasıl olmuştur. Thabî olarak tatbik edilen bu usul zemin nümunelerinin hafifçe değişmesine sebebiyet vermiş olmasına binaen bu suretle bozulmasına sebebiyet verilen alt tabaka nümunelerinin geoteknik muayenelerinden sarfı nazar edilmiştir.

B — İrtifa röperleri ve nivelmanlar:

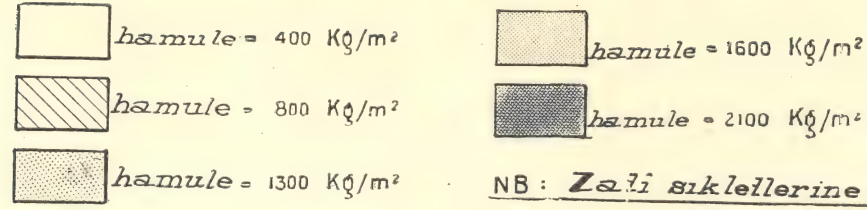
Şekil 66 da görüldüğü veçhile esas irtifa röper noktası 1 No. lu profilde rıhtım duvarı üzerine tesbit edilmiştir. İrtifa röperinin mevzuubahs olabilen cüz'î hareketleri bilâ kaydü şart inşaatta hâdis olanlara nisbetle himal edilebilecek derecede duvarın 20 rakımındaki çakıl tabakası üzerine inşa edilmişti. Zemin katının ikmalinden sonra 1933 senesi kânunu san'sinden itibaren çökmelerin mesaha edilmesine müsait bir plân çizilmiştir.

Çatlaklıkların ilk vukuundan itibaren sistematik bir usul ile binanın irtifai mesahalarına başlanmıştır. Bunun hemen akabinde mesnetlerin beklenmiyen hareketlere maruz kaldıkları ve bu gayri muntazam hâdiselerin med ve cezirden husule gelen zemin hareketlerinden vücude geldiği kanaatine varılmıştır. Buna binaen nivelmanların, med ve cezre tâbî muayyen ve sabit saatlerde icralarına karar verilmiştir. Birbirinden farklı olan hareketleri ayırmak için binanın iç ve dışındaki zemin sathlarına şekil 67 de görüldüğü veçhile irtifa röperleri konmuştur.

Binanın tamsanı:

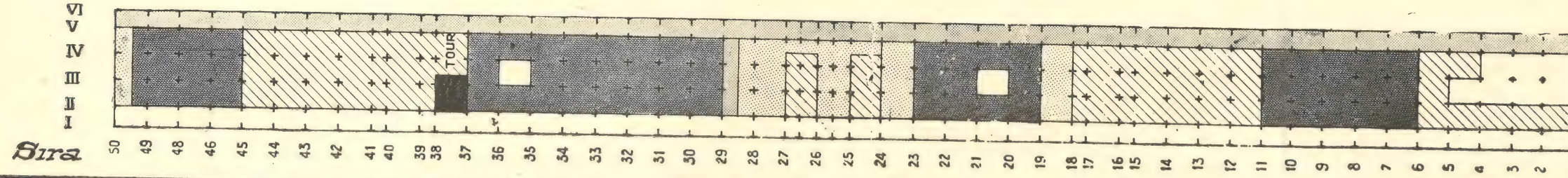
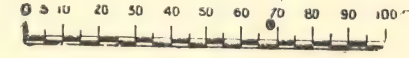
Şekil 68, binanın iki muhtelif zaman fasıllarındaki tasmanının tvzi şeklini ve aynı zamanda zatî sıkletinden husule gelen umumî plânı göstermektedir. Şeklin mütaleasından da biri 6 ve 10

İşaretiler



NB: Zati sıklıklarına ait hamule

Mikyas



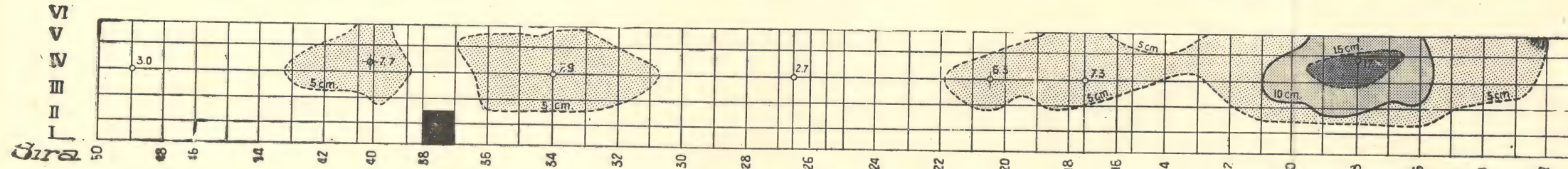
Orta ayak N°: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Massif rıhlım duvarı : 500 m. Kemer üzerinde müstenil : 300 m. Kemer üzerinde müstenil : 200 m.

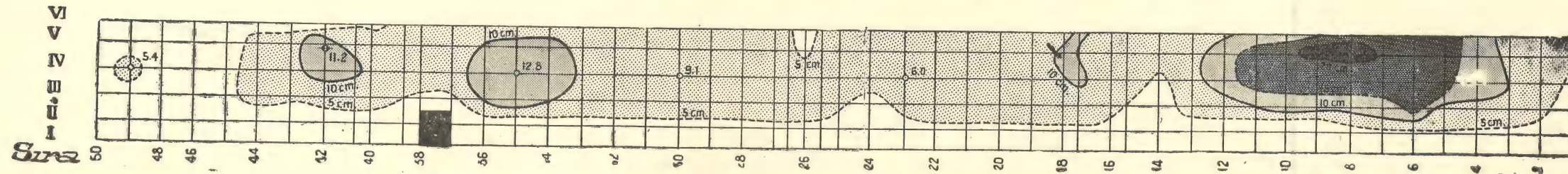
istinal duvarlı rıhlım palplanşlı rıhlım

Kanunusani'den İgriniewele kadar vukubulan tasmanlar

(Nivelmanın nihayetinde)



Kanunusani 1933 den Mayıs 1934 tarihine olan tasmanlar (Nivelmanın nihayetinde)

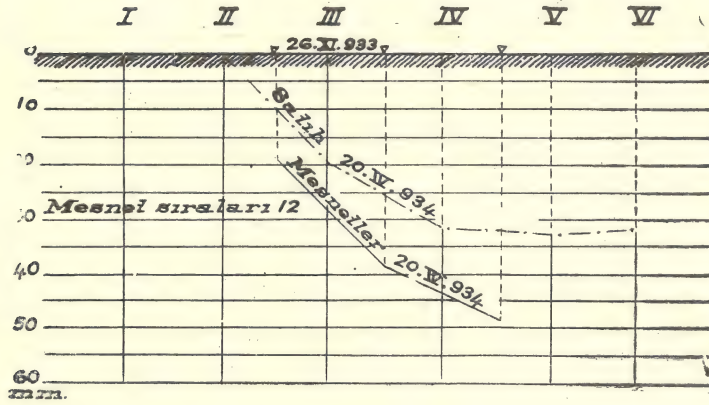
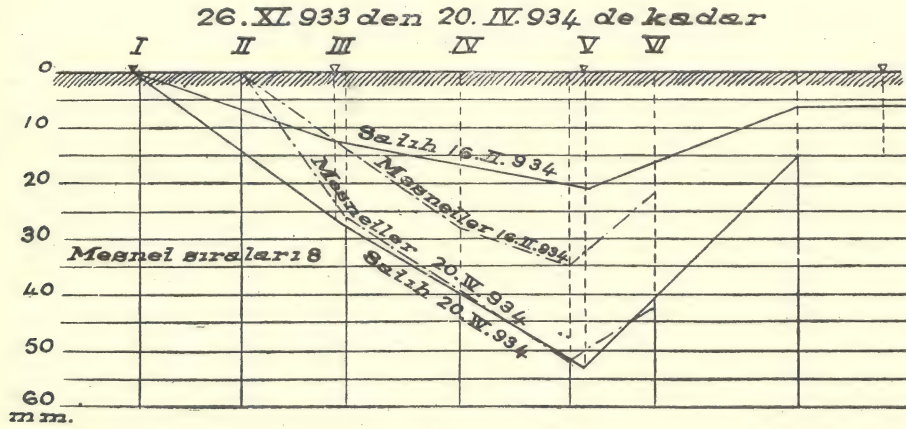


Şekil 68. Transatlantik deniz istasyonunun tasmanları

No. 10 sıranın arasında diğer 34 ve 42 No. lu sıraların arasında olmak üzere iki adet çökme noktasının mevcut olduğu anlaşılmaktadır.

Zemin sathının çökmeleri:

Zemin sathının çökmeleri şekil 69 da gösterilmiştir. Şeklin mütealeasından mesnetlerin, nokta çizgi işareti ile gösterilen tasmanların zemin sathının tasmanından olan farkı vazih olarak görülmektedir. Meselâ 26 teşrinievvel 1933 den 26 şubat 1934 tarihine kadar zemin sathı, mesnetlere nisbeten daha batî çökmüştür. Yani kazıklar çakıl tabakasını delmişlerdir. Çökme tefazulu 15 milimetre den ibarettir. Fakat 16 şubat 1934 tarihinden 20 nisan 1934 tarihine kadar zemin sathı geri kaldığı



Şekil: 69 — Zemin sathı ile mesnetlerin arasında nisbi tasman.

bu çökme miktarını telâfi etmiştir. Binaenaleyh bu zaman fasılası ecdasında kazıklar sağlam zemine varmışlar ve bu suretle çökme yalnız imlâya münhasır kalmıştır. Aynı vaziyet 12 No. lu kazık sırasında müşahade edilmiştir. 26 teşrinievvel 1933 den 20 nisan 1934 tarihine kadar çakıl tabakası sathı mesnetlere nisbeten 15 milimetre kadar daha fazla çökmüştür.

Şekil : 71 — Geoteknik esas kıymetleri.

bunda uzvî maddeler mevcut olduğundan yüksek bir plâstikiyet hududuna malikdir. (II. No. lu sondaja müracaat) zeminin diğer gurubu uzvî mevadda malik omlayan maddelerden mürekkep olup az çok kumludur. Binaenaleyh bunun plâstikiyet hududu çok aşağıda olup su muhteviyatı bazan akma hududundan daha yüksekte bulunmaktadır. (Sondaj deliği b II. ye müracaat).

Elde edilen bu neticeler Ödometre tecrübesinin neticeleriyle tahakkuk etmiştir. (Mesamat taz-yik emsal diyagramı) killi zeminler büyük sıkışma kabiliyetine malik olduklarından nüfuziyet kabiliyetleri az olur. Buna karşı kumlu zeminler az bir sıkışma kabiliyetine malik olduklarından yüksek bir nüfuziyet kabiliyetine maliktirler.

Killi zeminlerin delk ve temas zaviyeleri 23 ile 26 derece arasında tahavvül etmektedir. Elek münhani neticesini gösteren granülometre münhanisinin tetkikinde bu zeminlerin 2 mikrondan daha küçük yüzdelik nisbetindeki zerre miktarının fazla olduğu görülmektedir. Buna karşı kumlu zeminlerin delk ve temas zaviyesi 34 ilâ 36 derece arasında tahavvül etmekte olduğu, içinde koloidal cinsten zerrelere bulunmaktadır. Umumiyetle bu işte az çok kumlu killi zeminler mevzuubahstır. Bu zeminler kendilerinin sıkışma kabiliyetleriyle cüz'î bir kabarma kabiliyetine malik olmalarından dolayı tefrik edilmeleri mümkündür. Bu gibi zeminler belki iç hücrelerinin teşekkülünde deniz dahilinde önceden hâdis olan yapraklanma hâlindeki teşekkülünden ileri gelmiş olabilir. Tabiatile bu teşekkülün mukavemeti az olduğundan Ödometre tecrübesi esnasında kısmen tahrir edilmektedir.

Kısa kazıkların istinat ettikleri üst tabaka Terzaghinin hidrolik sondaj usuliyile muayene ettirilmişti. (Bu hususta kitabın 1 inci fasıl 4 üncü bahsine müracaat.) Çakıl tabakası sondajla bilâ müşkülât bulunmuştu. Çakıldaki sondaj nüfuz mukavemetinin, imlâdaki sondaj nüfuz mukavemetinden farklı olmasından dolayı çakıl tabakası vaziyetinin hini tetkikinde, bunun hakikî çakıl vasfına malik olmadığına hükmedilmiştir. Bu tabakanın az çok killi maddelerle vücade gelen bir rüsüp olduğu meydandadır. Bu keyfiyet kısa kazıkların tabakayı kolaylıkla delip geçmeleriyle teyyüt etmektedir.

Nazarî Hesaplar

Geotechnik tecrübelerine müstenit kitabın II nci kısmında gösterildiği veçhile, zeminin zamanla sulplamasından dolayı vücade gelen çökmeler hesap edilebilir. Filvaki zeminin hamule altında, tahmilden dolayı suplaşmadan maada çökmeyi tevhit eden diğer sebepler olabilir. Bu gibi âmilleri her halde mevcuttur. Bu hususta yürütülecek hesap ancak umumî çökmenin bir fer'ini veyahut başka bir tâbirle çökmenin bir aşgarisini teşkil eder. Muayene edilen zemin nümuneleri azıcık bozulmuş olduklarından ölçülen sıkışmaların daha büyük olmaları icap eder. Bunun için hesaba zeminin eski halini tesviye edecek bazı faraziyyat kabul edilmiştir.

En fazla çökmelerin husule geldiği imlâ mantıklarına (8 No. lu sıra) hidrolik usulü ile yani tabakavarî imlâ yapmak ve bu imlâyı su ile ıslatmak suretile vücade getirilen mantıklardır. Bunların inşa edildiği tarihler 1927 - 1928 seneleridir. İmlâdan husule gelen sıkletten dolayı yer altı zemininin sulplaması ve aynı zamanda imlânın çökmesi keyfiyeti inşaatın bidayetinde başlamış ve deniz istasyonunun inşası esnasında da devam etmiştir. Bu çökme hareketine istasyon binası inşaatının sıkleti de inzıam etmiştir.

Atideki hesaplarda; binanın kazıklar ve mesnetlerinde zemin sathının çökmeleri kadar bir çökme kabul edilmiştir. Bu faraziye ancak rasat için kâfi miktarda uzun bir zaman fasılasının mevcudiyetini şart kılar.

Filhakika kazıklar imlâ ve bina sıkletlerinin tesirile mutasavver nâfi hamulenin yarısı ile tahmil edildikleri halde çökmüşlerdir. Bu hareketin evvele târif edildiği veçhile aynı anda zemin sathının çökmesine müsavi olamayacağı bedihîdir. Maamafih kazıklar çakıl tabakasını deler delmez hamuleden kurutulmuş olarak sabit bir halde durduklarından imlânın sıkletini taşımamağa başlamışlardır. Üst sath kendi kendine çökmesine imlâdan dolayı yük kazıklara tamamen vüsul oluncaya kadar devam etmiştir. Bundan vasatî olarak gerek kazıkların ve gerek zemin sathının çökmeleri aynı surette cereyan etmiş olduğu anlaşılmaktadır.

İmlânın çökmeleri:

İmlâ, takribî olarak deniz istasyonunun inşasından beş sene evvel vücade getirilmiş idi. Binanın çökmelerine gelnice: Bizi ilk önce iralânın beş sene zarfında husule gelen çökmesini gösteren münhani kolu alâkadar eder. Şekil 72 de münhaninin diğer hususlarda alacağı şekil için müteaddit basitleştirme faraziyeleri yapılabilir. Bu faraziyeler şunlardır:

1 — İmlânın su muhteviyatından imlânın vücade geldiği esnada malzemenin akma hududu dahilinde bulunduğu,

2 — İmlânın, birdenbire bütün irtifai ile istasyon binasının inşasından beş sene evvel vücade getirilmesi,

3 — Sulplasma esnasında mesamatın bütün suyunu yukarıya doğru defetmesi.

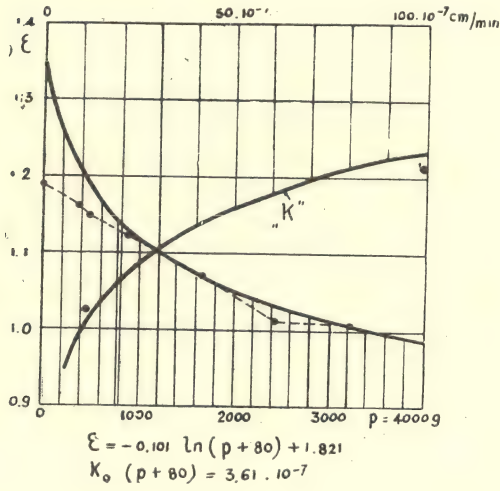
Bu farazye altında bulunan tabakanın kabiliyeti nüfuziyesinin pek az olduğu hakikati ifade eder.

Hesap: Şekil 71 de gösterilen zemin nümunesinin II b tipine istinat ettirilmiştir.

Şekil 73 de ödemetre diyagramının (mesamat tazyik emsal diyagramının) yerine nazari bir münhani ikame edilmiştir. Şekilde görüldüğü veçhile bu münhani küçük tazyikler için çok büyük mesamat emsalini vermektedir. (Bu münhani dolu hatla ve mesaha neticeleri kesik hatlarla gösterilmiştir.)

Münhaninin verdiği bu netice alınan nümunenin daha zeminde iken bazı tazyiklere maruz kaldığından ileri gelmektedir.

Odömetre diyagramının ana kolu âtideki muadele ile ifade edilebilir. (Kitabın 1 inci kısmına müracaat).



Şekil : 73 — Tazyik mesami nüfuziyet diagramı

$$\varepsilon = -\frac{1}{\beta} \ln(p + p_e) + C_1$$

ve:

$$\beta = \frac{1}{B}$$

Bizim bu hususî halde ise:

$$\varepsilon = -0.101 \ln(p + 80) + 1.821 \quad \text{dir.}$$

Diğer taraftan nüfuziyet mesamat emsalinin bir tâbii olduğundan tazyikin de tâbii olması lâzım gelir. Terzaghi'nin vücade getirdiği ampirik neticelere müsteniden:

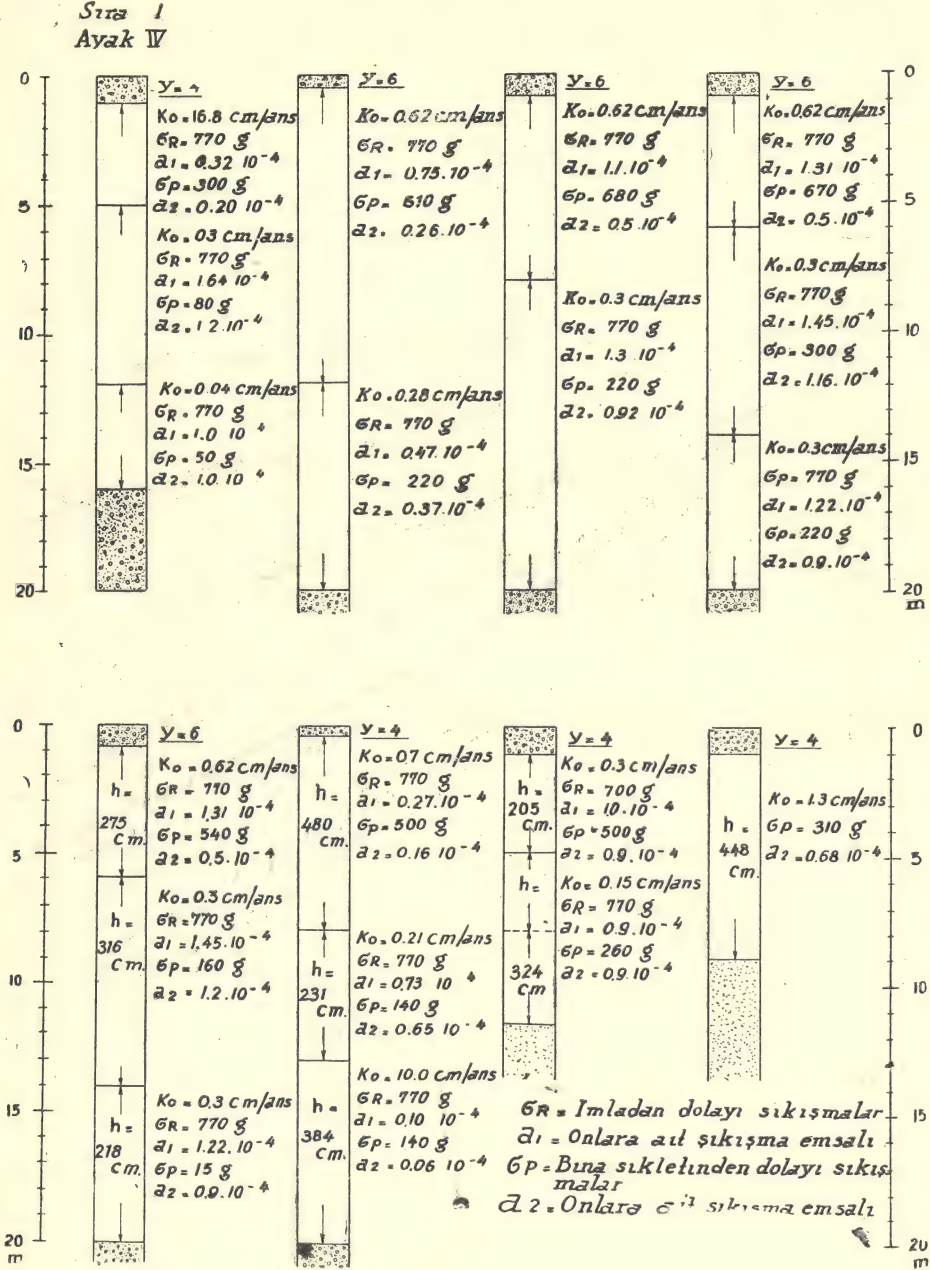
$$k_0(p + p_e) = \text{Const.} = c$$

olması lâzım gelir.

Bu şart bziim hususî hale pek âlâ tatbik edilebilir. Ve tatbiki halinde şu neticeye varılabilir.

$$k_0(p + 8_0) = 3.61 \cdot 10^{-7}$$

İmlânın suplaşması veya sıkışması; umumî tasman hesaplarının hipotezlerinin kaidelerine göre cereyan ettiğini gösterir. (Kitabın II. inci kısmına müracaat). Bu sebepten dolayı bu mesele daha fazla tâkip edilmemiştir.



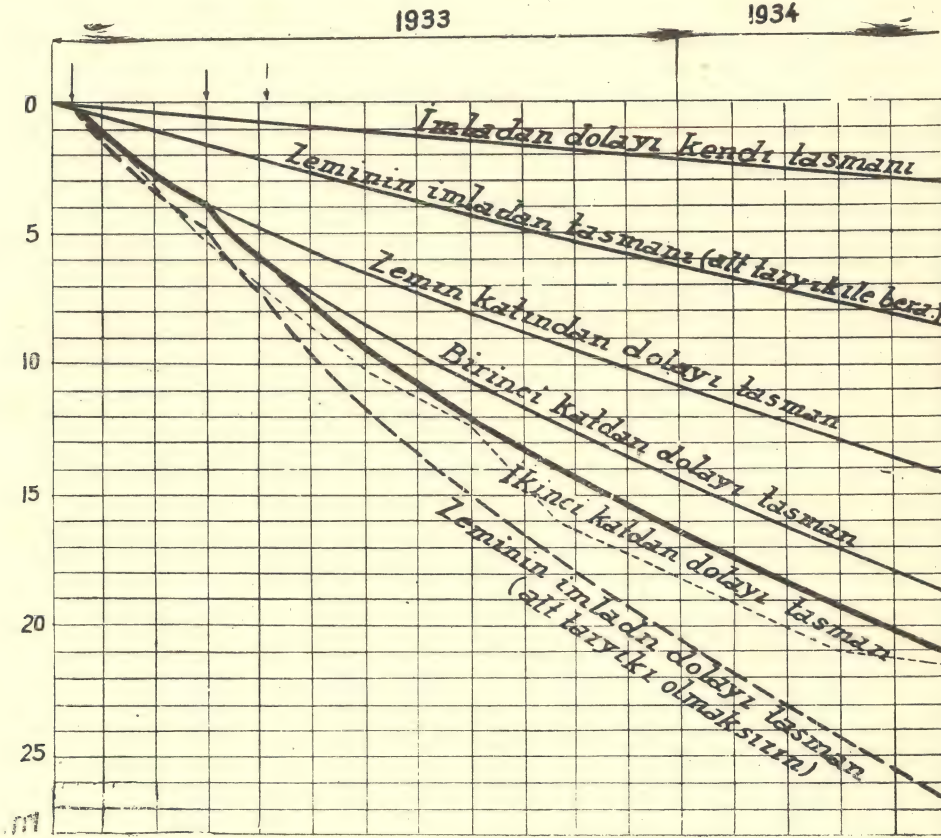
Şekil: 74

Yer altının çökmeleri:

Hesabın esasları şekil 74 de görülmektedir. Bu şekilden âtideki hesaba esas olan mevzuu-bahs tabakaların küçültülen irtifaları suyun aktığı istikametler, sıkışmalar, k_0 olan nüfuziyet emsali ve α sıkışma kıymetleri görülmektedir.

Zemindeki müessir gerilmelerin tevzi şekli bu kitabın II. a faslında anlaşıldığı veçhile Dr. Fröhlich'in metoduna göre hesap edilmiştir. V olan parametrenin intihabı hususunda mahallî şartlar nazarı itibara alınmıştır. Umumiyetle sert olan bir tabakanın kum gibi yumuşak bir tabakaya icra ettiği tazyikler için $V = 4$ olarak intihap edilmiştir. Yalnız 8 No. lu sıra civarında V için 6 tecviz edilmiştir. Bunun sebebi buradaki imlânın ancak kısmen altındaki tabakaya dayandığı ve kısmen de tevzi şekli bilinmiyerek altına çakılan kazıklar tarafından taşındığı faraziyesinden ileri gelmiştir.

Ayak II Sıra 8



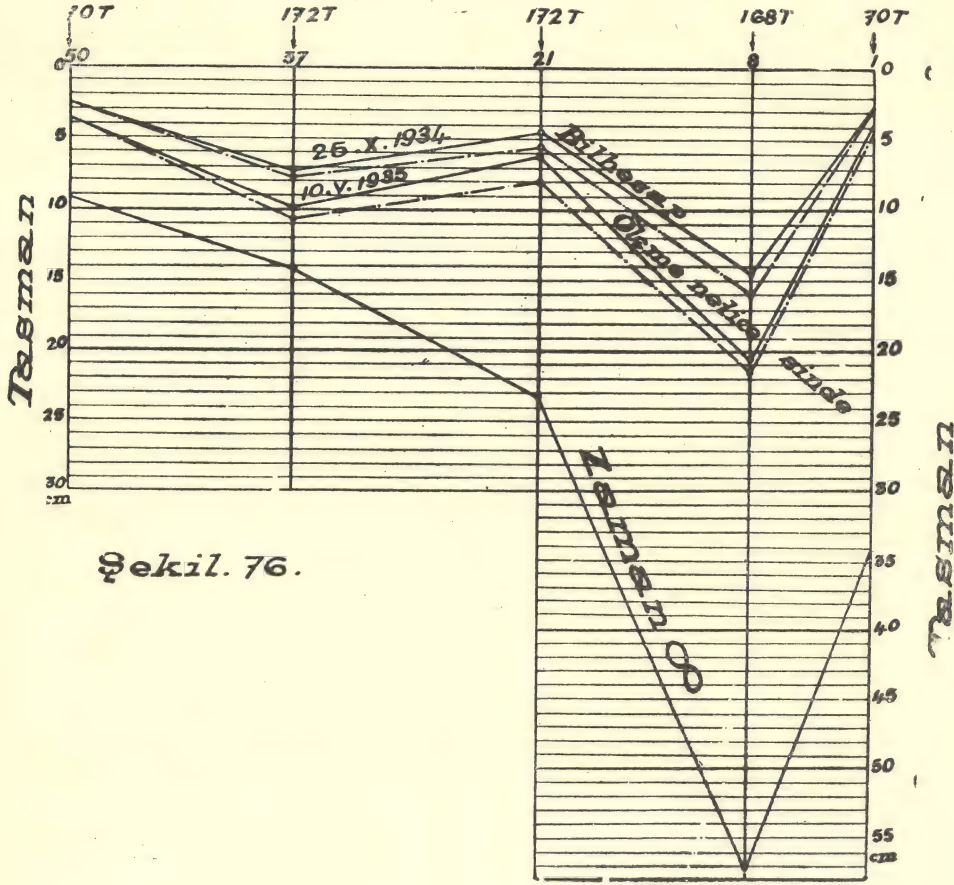
Şekil: 75 — Tasman münhanileri IV/8 No. lu ayak için nazari hesap ve ameli ölçülen tasman.

Şekil 75 a zamana tâbi nazari münhani ile rasat ile elde edilen çökmelerin imünhanisini göstermektedir. Bu münhaniler 4 No. lu mesnedin 8 No. lu kazık sırasını ifade etmektedir. Şekil 75b ise 4 No. lu mesnedin ellinci sırasının münhanilerini göstermektedir. Her ikisi de birer tipin şeklini arz etmektedir.

Şekil 76 da muhtelif zamanlarda deniz istasyonunun 4 No. lu hattındaki tulânî maktân nazari ve ölçülen hakikî çöküntülerini göstermektedir. Nazari olarak namütenahî uzun bir zamandan sonra şekilde görüldüğü veçhile 8 No. lu sıradaki azamî çökmenin miktarı 57 santimetreye vasil olacaktır. Şekil 77 de bunlara müşabih olan 8 No. lu kazık sırasına ait çökme münhanileri görülmektedir. Bunların tetkikinde hakikî ve nazari çöküntü münhanilerinin birbirine yalnız şekil itibarile değil aynı zamanda rakam itibarile de mutabık olduğu görülür. Bunun neticesi Fröhlich - Terzaghi nazariyelerinin kabili tatbik olduğunu ispat etmektedir.

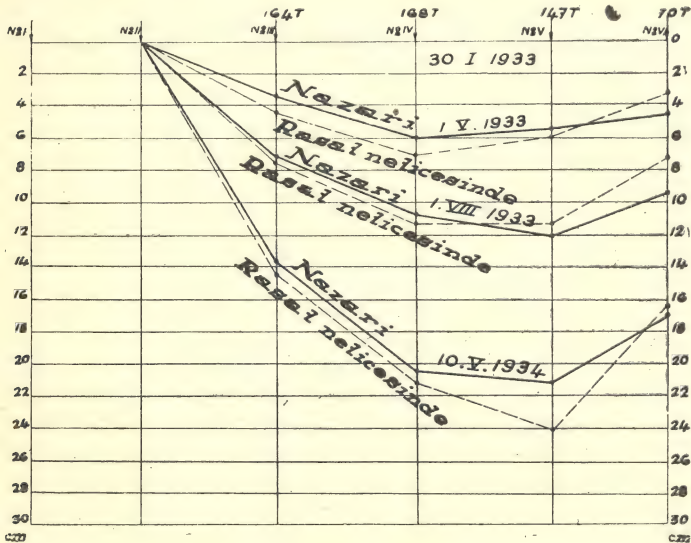
Elde edilen neticeler, yukarıda anlatılan misalden zemin sıkışmasının La Havre deniz istasyonu çöküntülerinin esas âmilini teşkil ettiği neticesine varılır. Bu sıkışmadan dolayı hâdis olan kil

ve marn zeminlerinin sulplasma hükmî bir mecburiyettir. Diğer nazarı itibara alınacak sebepler ise tâli derecede kalıp bunların çöküntülere olan tesirleri az veya çok nazarı ehemmiyete alınmı-



Şekil. 76.

yacak kadardır. Zeminin yalnız suplaşmasında ileri gelen ve tarassut edilen çöküntülerin heyeti umumiyesinin hesap ile tefsir ve izahları mümkün olduğu cihetle diğer sebeplerin çöküntüye müessir olduklarını farzetmek lüzumsuzdur. (Bu suretle çöküntü münhanilerinin nazarı ve amelî vaziyetlerinin birbirile fevkalâde tetabuk ettiklerini bir kere daha zikretmeyi faideli görüyoruz.)



Şekil: 77

Yukarıda gördüğümüz veçhile çöküntülerin heyeti umumiyesi hali tabii-sine bırakılmış olsaydı 4 No. lu mesnedin 8. inci sırası, 2 No. lu mesnede göre 57 santimetre çökecek idi. Bu gibi muvazeneten gayrı muayyen olan bir beton arme inşaatın tagyir şekli, mesnetlerin tasmanında husule gelen fevkalâde büyük cer gerilmeleri dolayısıyla gayri kabili tecvizdir. Bir felâketin önüne geçmek için inşaatta ister istemez bazı tedabir ittihazına mecburiyet hasıl olmuştur. Bu tedbirlerde

Frayssinet tarafından tatbik edilmiştir. Zemine ilâveten çakılacak kazıklardan husule gelmeleri muhtemel her çeşit sarsıntılara mani olmak için zemine içi boş beton kazıklar hidrolik preslerle çakılmıştır. Yüksek tazyik kabiliyetine malik olan bir beton ile Frayssinet'in yeni usulünün dahiya-ne bir şekilde tatbiki suretile bu betonun henüz döküldükten 6 saat sonra cm^2 na 200 mih-veri tazyik tahmili yani beher kazığa 320 ton sıkletinde bir tahmil icrası ve bilâhare ikinci derecede inhinâ gerilmelerini nînzîmâmî suretile de cm^2 na ceman 500 kilogram miktarında gerilmeler vücade gelmesi mümkün olmuştur.

Yıkılmaktan kurtulan bir inşaat dolayısıyla âtideki hususlar inşaat mühendislerine bir ders ve ve ibret teşkil etmelidir.

1 — Mümkün olduğu kadar aynı sınaî inşaatla birbirinden farklı temel inşaat metodları tatbik edilmemelidir.

2 — İmlâ edilen zeminler üzerine inşa edilecek sınaî inşaat yapılmadan bu zeminin muvazenet vaziyeti hakkında inceden inceye tetkikat yapılmalıdır.

3 — Med ve cezir tesirlerine mâruz kalan imlâ zeminlerinin üzerine yapılacak temellere hususî dikkatler atfolunmak lâzımdır.

4 — Zemine tecrübe kazıkları çakılmalı ve yukarıda târif edildiği veçhile her bir kazığa ayrı ayrı ve para sarfından çekinilmeden hususî bir ehemmiyet verilmeli ve bu işlerin tecrübeli ve mütehassıs mühendisler tarafından icrasına dikkat edilmelidir.

C - Devlet otomobil yollarındaki köprülerde hâdis olan çöküntüler:

Bu çöküntüler hakkında Berlin ve Münih'de 1936 senesinde vuku bulan beynelmîlel dünya inşaatı taharriyat konferansında Dr. İng. Casagrande bir rapor vermiştir. Bu tetkikler münferit bırakılmıyarak devlet otomobil yolunun 15 inşaat şubesinin kendilerine mahsus birer zemin muayene daireleri vücade getirmeleri ve bu dairelerde zemin tazyikine mahsus odometre diyagramlarının tesbi tedilmeleri ve bozulmayan zemin nümunelerinin fen yolu ile nüfuz kabiliyetinin tayin edilmesi ve bu suretle husule gelecek çöküntülerin vukuundan evvel yan peşinen tesbitinin mümkün kılınması ve heyeti umumiyesinin Berlindeki merkezî bir büroda cemedilmesi hususu fevkalâde bir ehemmiyet kesbetmiştir. Casagrande'ye göre bu sınaî inşaatla pek fazla olarak husule gelen tasmanlar memleket için âtideki menafi temin etmiştir:

1 — Bütün memleket dahilinde (Almanyada) zemin üst tabakalarının tahmil ve tazyik kabiliyetinin tesbiti,

2 — Bilhesap nazârî olarak bulunan çöküntülerin hakikî çöküntülerle mukayeseleri,

3 — Yeni yapılacak köprü temellerinde daha fazla iktisadî davranılmasının mümkün kılınması.

2 ve 3 numaralı fıkralar birbiri ile pek bağlıdır. Zira inşaat esnasındaki çöküntüler inşaatla matuf iktisadî unsurun en bariz âmîlidir. Bu hususu yalnız köprü inşaatı için varit olmayıp bilcümle mühendis inşaatına da teallûk eden Casagrande'nin bildirdiğine göre Devlet otomobil yollarının zemin muayene dairelerinde faal bir rol alan mühendis ve jeologlardan zemin inşaat mihanîği fenninin ancak cüz'î bir kısmına vakıf bulunmasından bilcümle sınaî inşaat arasındaki çökme tahlilleri hakkında fennen hatâsız ve kat'î bir şekilde ikmal edilmiş bir netice elde etmek mümkün olamamıştır. Şimdiye kadar bu fenni kendi tedris grafiğine idhal eden yüksek mekteplerin adedi mahdud olduğu gibi hayatta faal bir rol alan mühendisler de bu fenni mektepte bu

hususları görmeğe bir fırsat bulamamışlardır. Buna bir de inşaat esnasında Casagrande'nin tesbit ettiği veçhile yetişmiş muavin işçilerinin fıkdanı ve devlet otomobil yollarındaki köprülerin inşaatının fevkalâde bir süratle tatbik edilmesi keyfiyeti inzıam edince fenne yarıyacak netice elde edilmesi müşkülleşmiştir.

Kitabın II inci faslından La Havre merkez istasyonunun çöküntüleri hakkında şümullü bir surette gösterilen misalde olduğu gibi Terzaghi ve Fröhlich'in nazariyelerine göre zemin sıkışmasının esasına müstenit çöküntülerin vücade gelmeden vevel peşinen tayin hususu Devlet otomobil yollarındaki sınaî inşaatın çöküntülerini hesap etmeye yaramıştır. Evvelce bu yolda bir çok misallerin vazihan göstermiş olmasından bu hesapların burada zikrinden sarfınazar edlimiştir. Casagrande da kongreye vermiş olduğu raporda işbu çöküntü hesaplarının gösterilmesine lüzum görmemiştir.

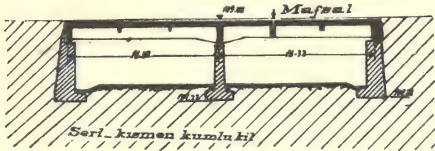
Devlet otomobil yollarında ikmal edilmiş bulunan müteaddit köprülerin çöküntü rasatları; çöküntü hesaplarile mukayese edilerek yürütülmüştür. Yukarıda söylendiği veçhile her ne kadar zemin hükmü lâboratuvar tecrübelerine müsteniden çöküntüleri peşinen tayin mümkün olmamış ise de Casagrande çöküntüler hakkındaki hesap ile rasat arasında az, çok bir mutabakat mevcut olduğunu tesbit etmiştir. Bu esnada nazariyelere müsteniden çöküntülere dair peşinen bulunan kıymetler rasat yolu ile elde edilen çöküntü kıymetlerinden daima daha yüksektir ve aralarında ki fark bazan yüzde yüz nisbetindedir.

Casagrande'nin raporunda gösterdiği 44 misalden aşağıda yalnız beş tanesi anlatılacaktır:

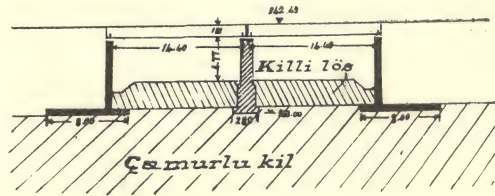
1 — 265,885 km. deki, kontrolü Hanover inşaat idaresine ait sınaî inşaat:

Şekil 78 de betonarmeden asma kirişli: Köprünün ayak temeli düz olup altında derin ve yağlı kilden mürekkep bir tabaka bulunmaktadır. Bu kilin ihtiva ettiği tane ebadının % 40/0.002 mm den daha büyüktür. İçindeki su miktarı takriben % 31 dir. Ayak ve mesnetlerin altındaki zeminin vasatı tazyiki 1.4 kg/m² dir. Bu sınaî inşaatı Haziran 1935 senesinde ikmal edilmiş ve rasat edilen çöküntülerin miktarı Nisan 1936 senesinde azamî olarak mesnetler için 54 ve ayaklar için 56 mm olarak bulunmuştur. Hesaba müsteniden bidayette tesbit edilen mecmu çökme miktarı 100-150 mm kadardır. İşbu sınaî inşaatın çöküntüleri devam etmekte olup henüz her hangi bir ârıza görülmemiştir

2 — 38,982 km de ve Dresdendeki inşaat kontrol idaresine ait sınaî inşaat şekil 79.



Şekil: 78

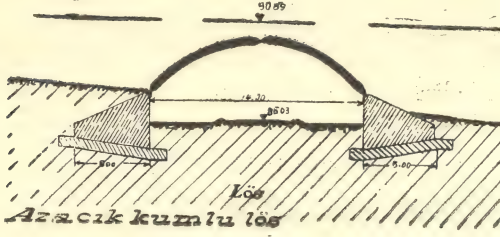


Şekil: 79

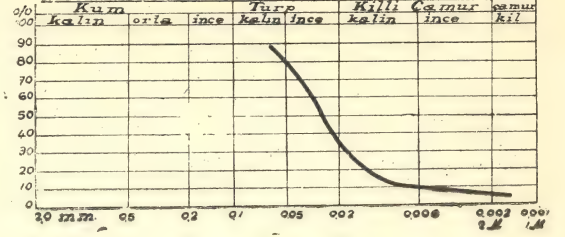
İşbu inşaat betonarmeden Urdi kirişli bir köprüde her biri 14.4 m aralıklı iki açıklığa maliktir. Köprünün temeli düz ve yumuşak plâstik ve 12 m sihana malik bir kil tabakasına oturtulmuştur. Bu kil tabakasının su muhteviyatı % 16.0—21.3, akma hududu % 29.9 — 56.3 dür. Dağılma hududu % 15.7 — 18.8, zemin tazyiki mesnetler için 1.5 kg/cm² ve ayaklar için 1 kg/cm² dir. İşbu köprü Ağustos 935 senesinde ikmal edilmiş, bilhesap çöküntüler hakkında bidayette tesbit edilen miktarlar mesnetler için 46 ve ayaklar için 25 mm dir. Son mesaha 1935 senesi Ağustosunda yapılmış çöküntüler durmuştur.

3 — 323.030 km de ve Hanover inşaat kontrol idaresine ait sınaî inşaat;

3 fasıllı kemer şeklinde açıklığı 14 m temeli düz ve çok derin bir kil tabakasına oturtulmuş köprü şekil 80 deki görülmektedir. Zemin tazyiki 2.6 kg/cm^2 dir. Bu köprü 1935 senesi haziranında ikmal edilmiş, 1936 senesi Nisanına kadar olan çöküntü miktarı 40 mm olarak bulunmuştur. Çöküntüler durmuştur. Arıza göi lmemiştir. Şekil 81.



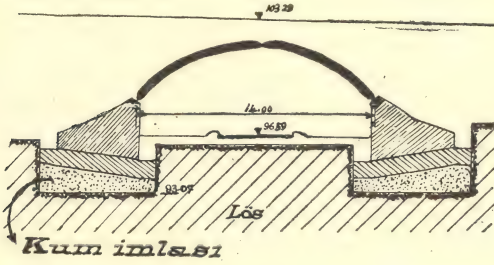
Şekil: 80



Şekil: 81

4 — 323,538 km. deki Hanover inşaat kontrol idaresine ait sınaî inşaat:

Üç mafsallı kemer köprüsü, açıklığı 14 m dir. Şekil 82 zemin tazyiki 2.6 kg/cm^2 Temeli düz, temelin oturduğu zemin kısmen kumlu kildir. Bu köprü 1935 senesi ağustosunda ikmal edilmiş ve çöküntüleri 1936 nisanına kadar devam etmiş ve miktarı 23 mm olarak tesbit edilmiştir. Çöküntüler durmuştur. Bir ârıza yoktur.

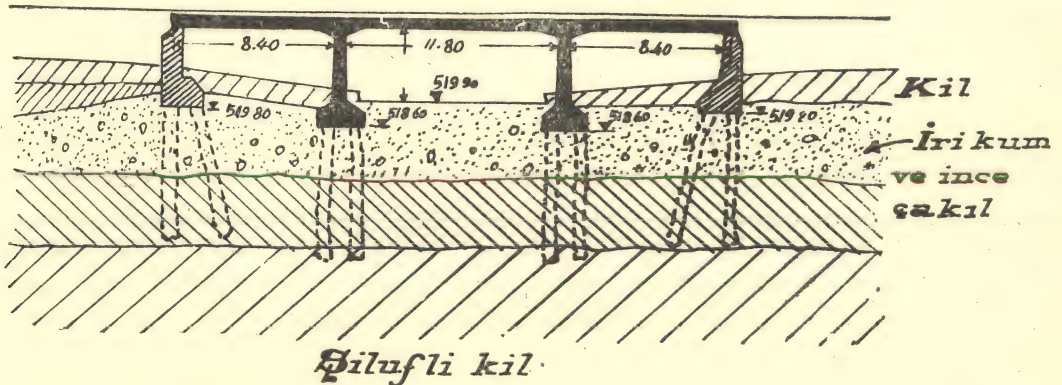


Şekil: 82

5 — 89+255 km. deki kontrolü Münih inşaat idaresine ait sınaî inşaat;

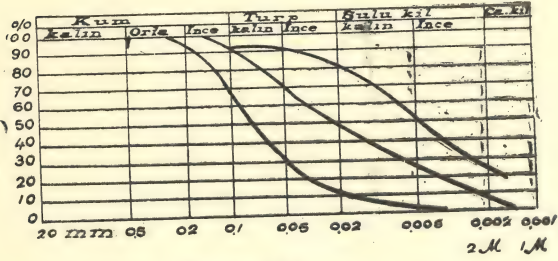
Üç açıklıklı ve betonarmeden kırıli bir köprü, ortadaki açıklık Gerber sisteminde olup kenar açıklıkları 8.40 ve orta açıklığı 11.80 m dir. Köprü temelleri Franki sistemi kazıklar üzerine oturtulmuştur. Kazıkların tulü 10 m., zeminin tazyiki mesnetler altında 1.1 kg/cm^2 ve ayaklar altında 1.4 kg/cm^2 dir. Zemin kaya, kum ve ince çakıl lı olup bunun altında çamur ve çamurlu kil bulunmaktadır. Şekil 83 çamurun ihtiva ettiği tabii

miktarı % 33, akma hududu % 36 ve dağılmahududu % 27 dir. Çamurlu kilin ihtiva ettiği tabii su miktarı % 32, akma hududu % 38, dağılmahududu % 27 dir. Bu köprü 1935 senesi kânunu evvelinde ikmal edilmiştir. Mesnetlerin hesabına müsteniden yapılan çöküntü miktarı 120 mm, ayakların 90 mm dir. 1936 senesi Nisanına kadarhakikat halde vukua gelen menetlerdeki çöküntü miktarı 125 mm ve ayaktaki çöküntü miktarı 60 mm olarak tesbit edilmiştir. Bu inşaatın çöküntü



Şekil: 83

sü deva metmektedir Şekil 84, bu köprüye ait temel malzemesinin elek münhanisi ve şekil 85 dahi zaman ile gerek bilhesap, gerek rasat tarikiyle elde edilen köprünün ayak ve mesnetlerinin çöküntü münhanilerini göstermektedir.

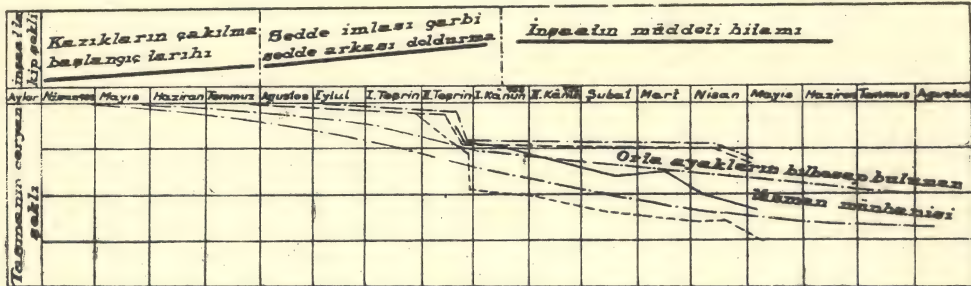


Şekil: 84

Casagrande kendi raporunda bu yolda 44 muhtelif köprü inşaatına ait ve Geoteknik esasına müstenit malûmat vermiş olup bu malûmatın neti celerini 5 cetvel halinde ifade etmiştir. Bu cetveller sayesinde Devlet otomobil yollarındaki köprü in saatındaki zeminin çöküntüsü esasına müstenit bir fikir edinilmiş olur.

a) Viyanalı mühendis Fischer'e göre sınaî inşaat çöküntülerinin peşinen tesbi tedilmesi usulü.

Bu kitabın 11 inci faslında mufassalan anlatıldığı veçhile bir inşaatın zuhuru beklenen çöküntüler en çok tahmil edilen zemin sathının ebadına tâbidir. Yukarıda gösterilen her iki misalde muayyen bir sınaî inşaatın tasmanlarının yalnız ebadı muayyen olan bir temel sathının zamana olan tebâiyeti gösterilmiştir. Tahmil tecrübelerinde tahmile arzedilen sath, bilâhare bütün inşaatın yükü altında kalacak satha nisbetle pek küçük olduğundan tahmil tecrübelerinden elde edilecek neticede behemehal tahmil sathı ebadının da çöküntüye icra ettiği tesiri nazarı dikkate almak lâzımdır. Hatâlara düşmemek için bu hususun elde edilecek neticelerde göz önünde bulundurulması lâzım gelir.



Şekil: 85

Çöküntülerin gerek tecrübe neticelerine gerek takribî hesaplara müsteniden bir taraftan tahmil edilen sathın eb'adına, diğer taraftan da sathın şekline tâbi olduğunu ve bu hususun hesabı için Viyanalı mühendis Fischer tarafından 63, 63a, 63b, 63c sayılı muadelelerin muteber olduklarını gördük. Yapmış olduğumuz ameli sahalardan bazı misallerin aşağıya dercini münasip gördük.

Şekil 86 da 35 m irtifaındaki bir fabrika bacasının temeli açıldığı esnasında temel çukurunda temelde fazla kil ile karışık kırma taşlı bir tabakaya rsatlanmıştır. Yan tarafta mevcut bir binadan dolayı temele kazık çakmak mevzuubahs olamazdı. İktisadî mülâhazaya binaen temeli daha derine indirmekten sarfınazar edilmiş ve temelin kırma taş üzerine oturtulmasına karar verilmiş, ancak zemin tazyikinin az olmasına çalışılmıştır. Temel çukurunun muhtelif 4 mahalde tazyik tecrübeleri icra edilmiştir. Bu tecrübelerin tasman diyagramları şekil 86a da gösterilmiştir. Temel olarak 5.20 m dılında ve 1.00 m kalınlığında dökme betondan seri şeklinde levhalar konulmuştur. Tecrübe sathı 20×20 cm idi. Bilhesap bulunan zemin tazyik miktarı 0.82 kg/cm² dir. 93a sayılı muadeleye nazaran çöküntü; murabbai dıl'ın tulü ile müstakimen çoğalmaktadır. Bu meselede tecrübe sathı ile temel arasındaki çökme nisbeti dılların tulünden elde edilebilmiştir. Yani:

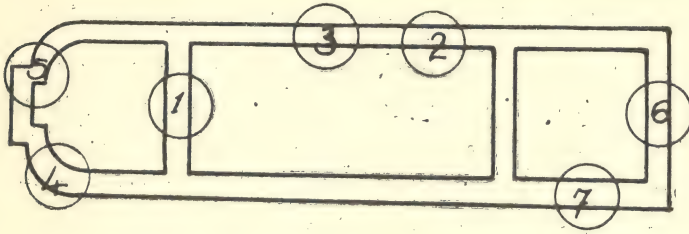
$$n = \frac{520}{20} = 26$$

III. Amelî Misaller

Ç - Ankarada inşa edilen iki kulenin temelleri hakkında icra edilen zemin muayeneleri.

Türkiye Cumhuriyeti hükûmetinin merkezi olan Ankaradaki demir yol istasyonu ile Ankara şehrine mahsus içme suyu filtre istasyonu binalarında iki adet kule inşaatı projeleri mucibince mevkii tatbika konulmuştur. Her iki kulenin temel hususunda gösterdikleri fena zemin vaziyeti birbirine müşabih idi. Bu sebepten dolayı Vekâlet tarafından müteahhitliğe mahallinde zemin hakkında iptidâî tetkikler icrasını ve bu tetkiklerin zemin muayene usullerine müsteniden grafiklerle mücehhez bir raporla bildirmesi emredilmisti. Tetkikatımıza istasyonun gazino binası kulesinden başlanmıştır. Bu kulenin projesi mucibince 4.45×4.65 m ebadında bir satih üzerinde irtfai satih zeminden 30.50 m mürtefi olarak inşası tekarrür etmişti. Bu kulenin içine 8 katlı ve betonarmeden masif bir merdiven inşası ve bu merdiven ile 8 katın döşemelerinin nâfi hamulesi 500 kg/m^2 olarak hesap edilmisti. Kulenin zatî sıkleti ile nafi sıkletinden husule gelen umumî hamule sıklentinin 1300 ton olarak alınması muvazenet hesabı için esas itihaz edilmisti.

Mahallî inşaat kontrol heyeti temelin inşaat şekli üzerinde müteahhitle mutabik kalamadığından (yani inşaat mütemadî bir betonarme levha veyahut betonarme kazıklar üzerine oturtulmuş derin bir temel inşası hususunda ademi ittifaklarından) dolayı projede kale alınan kulenin şayanı tecviz zemin gerilmeleri hakkında hakikî neticeler alınması ehemmiyet kesbetmiştir. Yapılan muayeneler neticesinde buradaki inşaat zemininin azıcık kumla karışık kilden ibaret olduğu tesbit edilmiştir. Bu zemin epiyce su ihtiva etmekte idi.



Şekil: 88

Zemin muayeneleri ilk önce kompresimetre ile icra edilmiştir. Bu muayene neticeleri aşağıdaki 10 numaralı cetvelde gösterilmiştir. Muayene edilen 1 - 7 numaralı noktaların vaziyetleri şekil 88 deki plânda gösterilmiştir.

Azamî çökme miktarı olan asgarî 5.8 cm, ve zemin tazyiki bu kitabın birinci faslındaki 22 sayılı muadeleye tevfikân şöylece elde edildi:

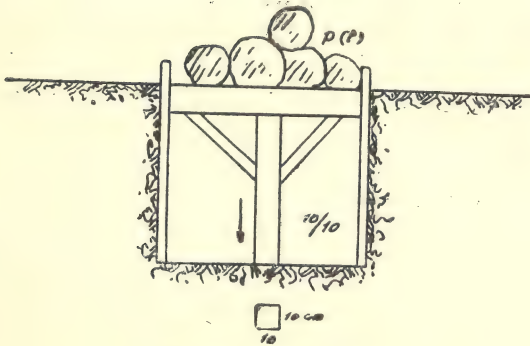
$$\sigma_z = \frac{8.0}{5.8} = 1.38 \text{ kg/cm}^2$$

Kitabımızda birinci fasılda gösterilen 20 sayılı şekil mucibince zemin tazyikinin % 20 si tenzil edildikte kabili tecviz zemin tazyikinin kıymeti nihaî olarak şu kıymete varır.

$$1.38 - \% 20 = 1.10$$

Emniyetli davranılmak üzere zemin muayeneleri kompresimetreden maada müsterek âlet ile de tekrar edilmiştir. Evvelce bildirildiği veçhile bu husustaki muayeneler statik hamulelerle icra edilir.

Bu misalimizde 4 mm lik azamî bir çökme ile husule gelen zemin hudut tazyiki 3.480 kg/cm^2 olarak ölçülmüştü. Bu miktar; 15 sayılı muadele mucibince 4 mm miktarındaki azamî tasmanı tevhit eden



Şekil: 89

Cetvel: X.
Kompresimetre vasıtasile ölçülen tasmanlar

| Nokta No. | 1.— kum + kil | 2.— kum + kil | 3.— nemli kil | 4.— Islak kil | 5.— Islak kil | 6.— nemli kij | 7.—kum+ kil |
|-----------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| | 42 m/m | 25 m/m | 32 m/m | 58 m/m | 30 m/m | 25 m/m | 15 m/m |
| | 47 » | 37 » | 46 » | 45 » | 35 » | — | — |
| | — | 23 » | — | 45 » | — | — | — |
| | — | 45 » | — | 55 » | — | — | — |
| | — | 35 » | — | 45 » | — | — | — |
| Vasatı | 45 m/m | 35 m/m | 40 m/m | 50 m/m | 32 m/m | 25 m/m | 15 m/m |
| Gerilme kg/cm ² (22) ye göre | 1.800 | 2.280 | 2.000 | 1.600 | 2.500 | 3.200 | 5.300 |

hamulenin 10 ile taksimi suretile elde edilir. Buna ait mesaha protokolu 11 numaralı cetvelde münasip bir şekilde gösterilmiştir. Bu suretle zemin tazyiki hakkında elde edilen hudut kıymetinin şayanı tecviz zemin tazyiki elde etmek için arzu edilen emniyet emsalile taksimi icap eder. Emniyet emsali $n = 3$ olarak kabul edildikte tecviz edilen gerilme miktarı şu kıymeti iktisap eder.

$$\sigma_{\text{tecviz}} = \frac{3.480}{3} = 1,116 \text{ kg/cm}^2$$

Bu hudut kıymeti evvelce kompremetre ile elde edilen netice ile de epice tetabuk etmektedir.

I ve II numaralı temel zemin noktalarına 10×10 cm büyüklüğündeki tahmil kaidelerile ve zemine doğrudan doğruya tatbik edilen tecrübe hamuleleriyle şekil 90 da gösterilen diyagram elde edilmiştir. Her iki münhani evvelâ yani 200 kg miktarındaki hamuleyi tamamlamadan önce düz bir hat teşkil etmiştir. Bu esnada hamule ile çökme arasında bir münasbeet mevcut olduğu anlaşılır. Burada müteakip münhanile rdüz hattan uzaklaşmakta olduklarından çöküntülerin hamulelerden daha süratle büyümekte oldukları anlaşılmaktadır. Bundan; doğrudan doğruya tatbik edilen bir hamule ile yapılan bir tahmil tecrübesinin ancak tecvizhamulesine müstenit olan zeminlerde tazyikin mümkün olduğu anlaşılır.

Dr. Fröhlich'e göre âtideki zeminler hakkında esas emsal tesbit edildiği takdirde zemin tazyik hududu hesap yolu ile tesbit olunabilir. İşbu esas kıymetler şunlardır:

Zemin tanelerinin izafî sıklığı: γ_k

Mesahat dahilindeki mayın izafî sıklığı: γ_F

Zemin mesahat hacmi (yani vahit hacmin ihtiva ettiği boşluk hacmi)n

Dahilî delkitemas zaviyesi, φ_r

Misal olarak su ihtiva eden killi zemini kale alalım; bu zeminde

$$\gamma_k = 2000 \text{ kg/m}^3 ; p_k = 2 \text{ t/m}^2 = 2000 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_F = 1000 \text{ » } ; n = 0,20$$

$$\text{ve } \varphi_r = 35^\circ$$

öldüğünden temel $t = 2.00$ m derinliğinde yapılacaktır o vakit kenar hamulenin kıymeti şu formülü ile elde edilir:

$$q_{t,R} = \frac{\pi [(\gamma_k - \gamma_F)(1 - n) \cdot t + p_k]}{\cotg \varphi_r - \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_r\right)} = \frac{3.14 [1600 \times 0.80 \times 2 + 2000]}{1.428 - \left(\frac{3.14}{2} - 0.611\right)} = 30500 \text{ kg/m}^2 = 3,05 \text{ kg/cm}^2$$

Cetvel: No. XI

Tahmil protokolünün şekli .

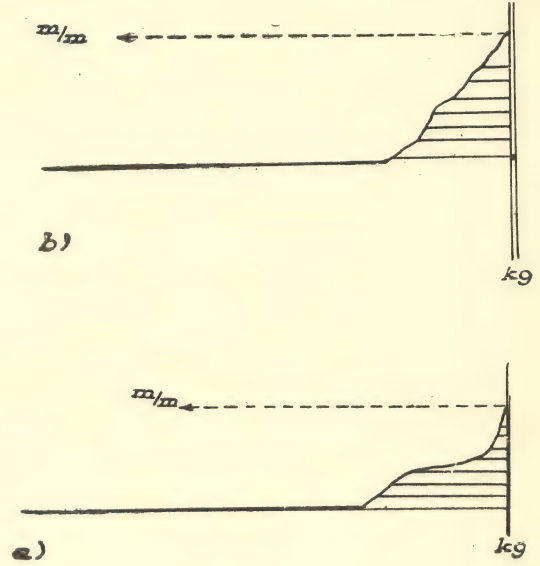
İnşaat mahalli : Ankara istasyonu

| Rapor numarası ; | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------|--------|------------------|
| Tecrübe mahalli ; gazinonun kule temeli | | | | | |
| Muayene edilen nokta, numarası ; | | | | | |
| Zeminin cinsi ; kumlu kil, sulu | | | | | |
| Azamî çökme ; 4 mm. | | | | | |
| Emniyet emsali ; $3 = n$ | | | | | |
| Tecrübe tarihi hava vazizeti ; 17/9/1925, hava güneşli | | | | | |
| Müddet | | Hamule kg | | | Çökme |
| Saat | Dakika | Sabit | Munzam | Mecmuu | İleri işarı |
| | | | | | 5 × ibre kıraati |
| 12 | 15 | 3,8 | 3.00 | 6.80 | 2 m/m |
| 12 | 20 | » | 1.00 | 7.80 | 5 » |
| 12 | 25 | » | 0.50 | 8.30 | 5.1 » |
| 12 | 30 | » | 0.50 | 8.80 | 5.5 |
| 12 | 35 | » | 1.00 | 9.80 | 5.6 |
| 12 | 40 | » | 2.00 | 11.80 | 6.1 |
| 12 | 45 | » | 2.00 | 13.80 | 7.0 |
| 15 | 10 | » | — | 13.80 | 7.5 |
| 15 | 10 | » | 2.00 | 15.80 | 8.0 |
| 15 | 20 | » | 2.00 | 17.80 | 8.1 |
| 15 | 30 | » | 2.00 | 19.80 | 9.0 |
| 15 | 35 | » | 2.00 | 21.00 | 9.5 |
| 15 | 40 | » | 2.00 | 23.80 | 10.0 |
| 15 | 45 | » | 2.00 | 25.80 | 11.0 |
| 15 | 50 | » | 2.00 | 27.80 | 12.0 |
| 15 | 55 | » | 2.00 | 29.80 | 13.0 |
| 17 | 30 | » | 2.00 | 31.80 | 17.0 |
| Tecrübe tarihi 18/9/1935 | | | | | |
| 8 | 10 | 3/8 | — | 31.80 | 12.5 |
| 8 | 20 | » | 0.50 | 32.30 | 19.0 |
| 8 | 30 | » | 0.50 | 32.20 | 19.1 |
| 8 | 40 | » | 5.50 | 33.30 | 19.1 |
| 8 | 50 | » | 0.50 | 33.80 | 19.1 |
| 9 | 00 | » | 0.50 | 34.30 | 19.5 |
| 13 | 15 | » | 0.50 | 34.80 | 20 |
| Tecrübeye göre zemin tazyiki. | | | | | |
| Kabul edilen kabili tecviz tazyiki hududu : 3,490 kg/cm ² | | | | | |
| Tecrübe yapan zatın imzası ; | | | | | |

Burada tarif olunan 3 çeşit zemin muayenelerine, yani komprometre Stern âleti ve doğrudan doğruya tahmil usulü ile yapmış olduğumuz tecrübeler nazaran en şayanı itimat muayene usulünün Stern metodu olduğundan bu usulün tatikili şayanı tercih görülür. Çubuk barajından alınan suyu en modern usulde inşa edilen seri filtre tesisatı ile temizliyerek Ankara şehrinin içme suyunu temin için vücutte getirilen yeni filtre istasyonu kulesinin yukarıda tarif ettiğimiz gazino kulesine nazaran temeli tamamiyle kuru bir kil tabakası üzerinde bulunmaktadır. Bu keyfiyet diğerlerine nisbeten çok müsaittir. Burada yapılan zemin muayenesi şümüllü ve yalnız Stern âleti ile icra edlimiştir. Muayene edilen muhtelif noktalar hakkında elde edilen netice ler şekil 91 deki diyagramda tersim edilmiştir. Bu husustaki protokolün 9 numaradaki cetvelden başka bir yenilik göstermiyeceği cihetle kitaba yazılmasından sarfınazar edilmmiştir.

Yukarıda gösterilen misaller; temel projesi nin intihabı hakkında bu gibi zemin muayenelerinin haiz oldukları ehemmiyet ne kadar büyü olduklarını göstermeye matuftur.

Bu hususta sarfedilen meblâğ bilâhare inşaat temelinin çökmesinden husule gelen çatlaklıkların tevhit edecekleri masrafa nisbeten pek cüzî olmakla beraber ekseriya tasmandan husule gelen çatlaklıkların tamir ve ıslahatın gayrı mümkün bir hale gelmesi dahi varit olup bu husus hakkında inşaatı yapan mühendislerin inşaatı girişmeden evvel temel hakkında vâki bir fikir elde ederek kat'i bir karar vermeleri lâzımdır.



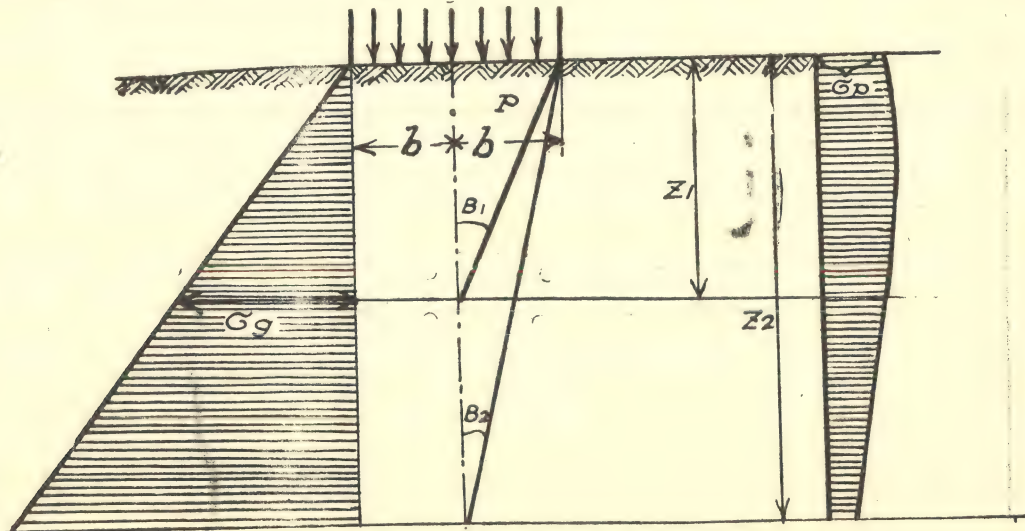
Şekil: 91

4 üncü Fasıll

Fazla derinlikte bulunan tabakaların tasmanı hesabı yolu ile tesbiti:

(Dr. F. Kannin bulduğu takribî usul)

Bazan lüzumuna binaen daha derinde bulunan tabakaların tasmanlarının bilinmesi istenir. Meselâ: temelleri derinde olan kazık veya keson üzerine oturtulacak inşaatı mevzuubahs olabilir. Bu esnada kazıkların ucu ve kesonların alt kenarlarının oturduğu zemin tabakalarının maruz kaldığı gerilmelerin miktarı bilinmek icap eder.



Şekil: 92 — Tasman hesabı.

Binaenaleyh mütesaviyyen tevzi edilmiş p miktarındaki bir hamuleden mütevellit daha derinde bulunan tabakalarda sıkletten dolayı vücade gelen çöküntülerin hesabı mevzuubahs olduğunda 8 sayılı muadeledeki:

$$\Delta = \frac{1}{B} \left(1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_g} \right) \quad \text{ifadesinde}$$

$\left(1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_g} \right)$ kıymeti yerine takribî olarak $\frac{\sigma_p}{\sigma_g}$ alınabilir. Zira σ_g , p miktarındaki hamuleden dolayı ve zeminin zatî sıkletinden dolayı ve her ikisi de zemin yüzünden 2 derinliğinde husule gelen gerilmeleri ifade eder. 9 sayılı muadele en gayrı müsait şartlar dahilinde σ_p , $\frac{1}{2} \sigma_g$ den büyük olmadığı takdirde yüzde 22 den fazla bir hatâyı irtikâp etmeksizin şayanı tatbiktir. Bu husus ise derinde bulunan tabakalar için her vakit şayanı tatbiktir. Bu faraziyeye istinaden şu muadele yazılabilir:

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_g} \leq \frac{1}{2} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Bu muadeleye müsteniden âtideki formüller istihraç olunabilir.

$(1+x)$ tâbii logaritmanın ifadesini ($x \leq 1$) için bir silsile halinde tevsii mümkündür. Ve silsilenin yüksek esasları nazarı itibara alınarak

$$\ln (1 + x) = x \quad \dots \dots \dots (10)$$

yazılabilir.

Bu formülden elde edilen netice büyüktür. Yani yürütülen hesap ziyadesile gayrı müsaittir. Bundan elde edilen çöküntülerin miktarı yüksektir. Neticede $x = 0.5$ olduğunda fark % 22 dir.

$x = 0.22$ olduğunda fark % 10 dur.

Bundan dolayı ilk muadeleyi:

$$\Delta = \frac{1}{B} \ln \left(1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_g} \right) = \frac{1}{B} \left(\frac{\sigma_p}{\sigma_g} \right) \quad \dots \dots \dots (11)$$

şeklinde yazabiliriz.

Ve $\sigma_g = \gamma \cdot z$ muadelesine göre ve mütesaviyen intişar eden şeritvari hamuleler için şu muadeleler yazılabilir:

$$\sigma_p = \frac{2p}{\pi} \left[\beta + \sin \beta \cos \beta \right] \quad \dots \dots \dots (12)$$

ve

$$\beta = \arctg \frac{b}{z} ; \sin \beta \cos \beta = \frac{b z}{b^2 + z^2}$$

ve

$$\sigma_p = \frac{2p}{\pi} \left[\arctg \frac{b}{z} + \frac{b z}{b^2 + z^2} \right] \quad \dots \dots \dots (13)$$

bundan

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_g} = \frac{2p}{\pi \gamma} \left[\frac{1}{z} \arctg \frac{b}{z} + \frac{b}{b^2 + z^2} \right] \quad \dots \dots \dots (14)$$

ve

$$\Delta = \frac{1}{B} \frac{2p}{\pi \gamma} \left[\frac{1}{z} \operatorname{arctg} \frac{b}{z} + \frac{b}{b^2 + z^2} \right] \dots \dots \dots (15)$$

6 numaralı muadeleye göre bu kitabın 11 inci faslında a misalinde gösterildiği veçhile birbiri üzerine oturan müteaddit tabakaların çöküntüleri nokta halinde bir şematik yekûnu ile elde edilebilir, yani:

$$\Delta \, d \, z' = \frac{\Delta \, d \, z}{1 + \varepsilon_m}$$
$$s = \int \Delta \, dz' \dots \dots \dots (16)$$

yani 15 numaralı muadele nazarı itibara alındığında şu kıymet elde edilir:

$$s_{\Delta h} = \frac{2 \, p}{B \, \pi \cdot \gamma \, (1 + \varepsilon_m)} \cdot \int_{z_1}^{z_2} \left[\frac{1}{z} \operatorname{arctg} \frac{b}{z} + \frac{b}{b^2 + z^2} \right] dz \dots \dots \dots (17)$$

Bu tamamiyi halledebilmek için bir faraziye yapmak isteriz. Bu faraziye mevzuubahs tabakaların altındaki temel kaidesinin fazla büyücek olmasından ibarettir. (Şekil 62-63) ve kitabın üçüncü faslında a sayılı misalindeki ifadelerle şunu yazabiliriz.

$$\operatorname{tg} \beta = - \frac{b}{s} \leq 1$$

Veyahut:

$$\beta \leq 45^\circ$$

Bundan sonra arctg — için silsile ile tevsi halinde yüksek hesaplar nazarı itibara alınmaksızın ve nihayet aradaki basit ve kıymetsiz hesapları terketmek suretile şu ifade elde edilir:

$$s_{\Delta h} = k \left(\frac{\pi}{2} - \beta - \operatorname{tg} \beta + \frac{1}{q} \operatorname{tg}^2 \beta - \frac{1}{25} \operatorname{tg}^5 \beta \right)_{\beta_1}^{\beta_2} \dots \dots \dots (18)$$

Veyahut:

$$s_{\Delta h} = k \left[(\operatorname{arctg} \beta_1 - \operatorname{arctg} \beta_2) + (\operatorname{tg} \beta_1 - \operatorname{tg} \beta_2) - 0.111 (\operatorname{tg}^3 \beta_1 - \operatorname{tg}^3 \beta_2) + 0.040 (\operatorname{tg}^5 \beta_1 - \operatorname{tg}^5 \beta_2) \right] \dots \dots \dots (19)$$

Bu formülde sabit k miktarı şu formül ile tesbit edilir.

$$k = \frac{2 \, p}{B \, \pi \cdot \gamma \cdot (1 + \varepsilon_m)} \dots \dots \dots (20)$$

$\operatorname{tg} \beta$ nın beşinci derecedeki vukuları bir hatâ irtikâp olmaksızın terkolunabilir.

Rakamlara müstenit mukayeseli hesaplar:

Yukardaki takribî formüllerin neticelerinin doğruluğu hakkında Gölbaşı seddesinin 4 ve 7 numaralı profillerin eait işbu yeni muadeleye müsteniden bulunan çöküntülerini miktarlarile bir mu kayese edelim.

4 m kalınlığında ve zemin sathının 16-20 m derinde bulunan bir tabaka çöküntü miktarlarını arayalım.

Profil: 7

$$p = \frac{2}{3} q_{\max} = \frac{2}{3} \times 1.15 = 0.77 \text{ kg/cm}^2 = 7.7 \text{ t/m}^2$$

(Faslı zait yerine mütesaviyen münteşir şeritvarî bir hamule kabul olunmuştur. Cetvel IX. a müracaat).

$$\gamma = 1.4 \text{ t/m}^3 ; B = 20$$

20 sayılı muadelenin suretindeki k kıymeti kitabın faslı IIIa gösterildiği veçhile: $1 + \epsilon_m = 1$ konulduğunda

$$k = \frac{2 \cdot 77}{20 \cdot 3, 14 \cdot 1, 4} = 0.175 \frac{\text{m}}{\text{m}} \quad \text{olur.}$$

β kenar zaviyesinin kıymetleri şöylece olur:

$$z = 16 \frac{\text{m}}{\text{m}} ; \beta_1 = 36^\circ.30' ; \arctg \beta_1 = 0.637 ; \tg \beta_1 = 0.740$$

$$z_2 = 20 \frac{\text{m}}{\text{m}} ; \beta_2 = 30^\circ.30' ; \arctg \beta_2 = 0.532 ; \tg \beta_2 = 0.589$$

$$\tg^3 \beta_1 = 0.402 \quad \tg^5 \beta_1 = 0.2219$$

$$\tg^3 \beta_2 = 0.2040 \quad \tg^5 \beta_2 = 0.0709$$

Bu kıymetlerle 19 sayılı muadeleye göre şu kıymetler elde edilir:

$$\frac{s}{16-20} = 0.175 (0.105 + 0.151 - 0.111 \times 0.2009 + 0.040 \times 0.1510)$$

$$= 0.175 \times 0.240 = 0.042 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 4,2 \text{ cm}$$

Buna müşabih çöküntü miktarı Dr. Grünere göre 61 numaralı resimde gösterilen grafik usulü ile hasıl olan sathın Δdz zeminden 16 veya 20 m arasındaki mesafelerde çöküntülerin miktarı $s = 4,6 \text{ cm}$ olarak bulunmuştur. Şu hale nazaran aradaki fark % 10 raddesindedir.

Profil: 4

$$p = \frac{2}{3} q_{\max} = \frac{2}{3} \cdot 0.81 = 0.54 \text{ kg/cm}^2 = 5,4 \text{ kg/cm}^2$$

(IX) numaralı cetvelde müracaat): $\gamma = 1,4 \text{ t/m}^3 ; B = 20$

$$k = \frac{2 \times 5,4}{20 \times 3, 14 \times 1, 4} = 0.123 \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

Kenar zaviyelerin kıymetleri şöyle bulunur:

$$z_1 = 16 \frac{\text{m}}{\text{m}} ; \beta_1 = 28^\circ ; \arctg \beta_1 = 0.489 ; \tg \beta_1 = 0.532$$

$$z_2 = 20 \text{ » } ; \beta_2 = 23^\circ ; \arctg \beta_2 = 0.401 ; \tg \beta_2 = 0.425$$

$$\tg^3 \beta_1 = 0.1506 ; \tg^5 \beta_1 = 0.0426$$

$$\tg^3 \beta_2 = 0.0768 ; \tg^5 \beta_2 = 0.0139$$

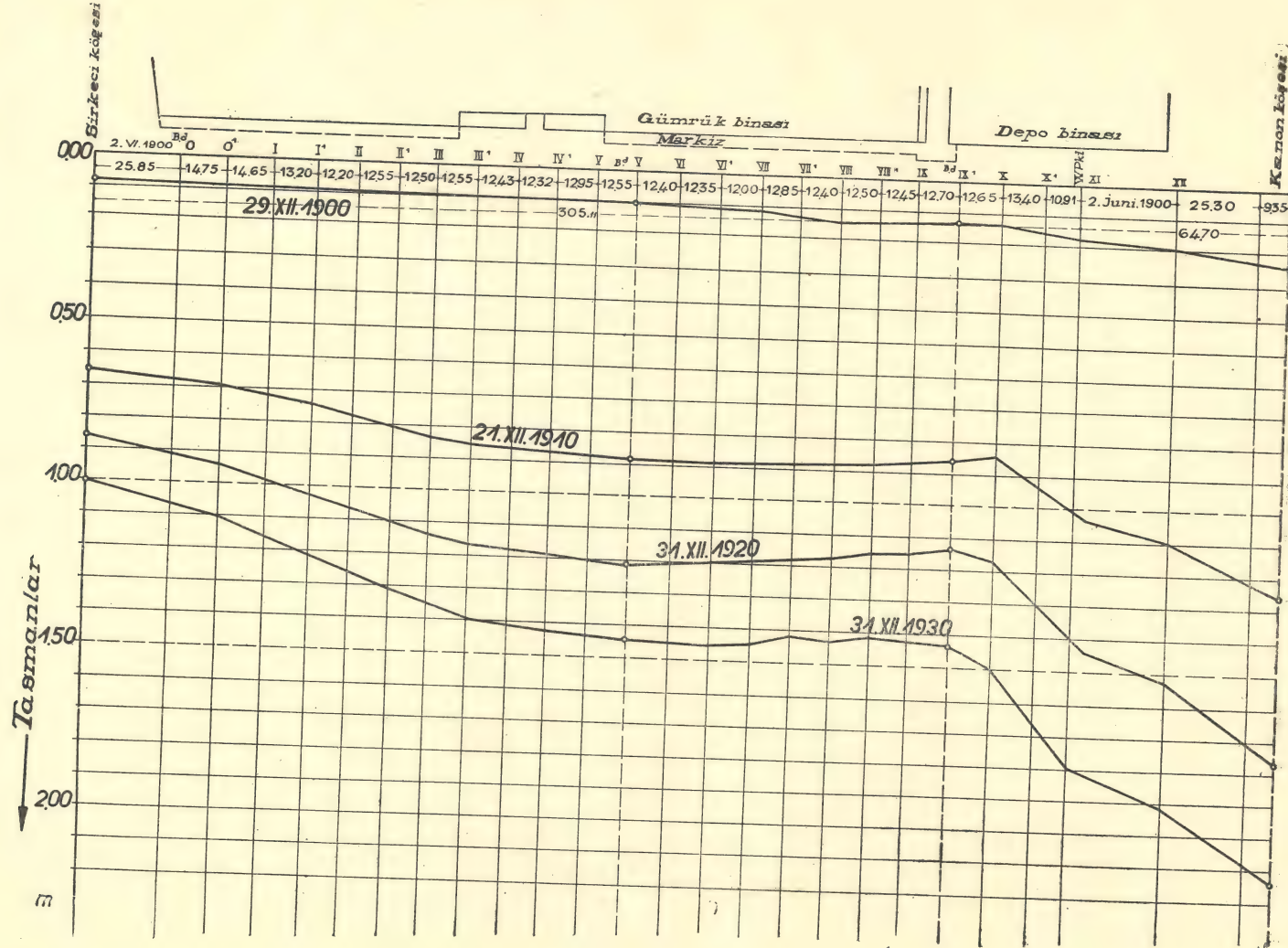
(19) sayılı muadeleye göre de:

$$s_{16-2} = 0.123 (0.085 + 0.107 - 0.111 \times 0.0738 + 0.040 \times 0.0287)$$

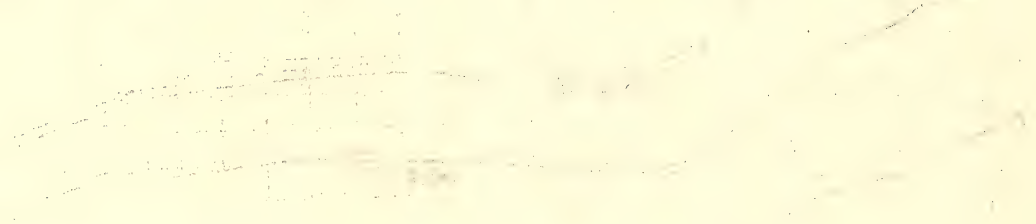
$$= 0.123 \times 0.118 = 0.0231^m = 2,31 \text{ cm}$$

(62) sayılı muadeleye göre Δdz sathının hesabında bu miktar $s = 2.8$ olarak bulunmuştur ki aralarındaki fark yüzde 20 den ibarettir.

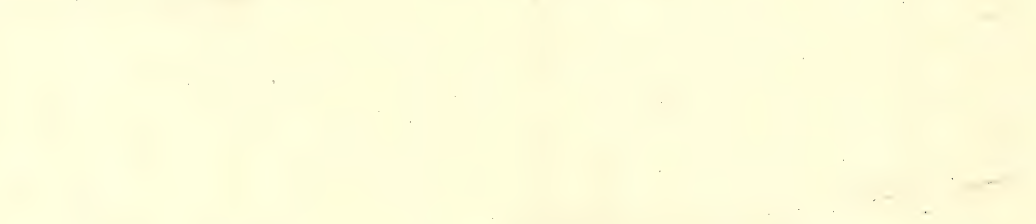
Şekil : 93 İstanbul Rıhtımının Mevkii — Tasman Kurpları



1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900



1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900

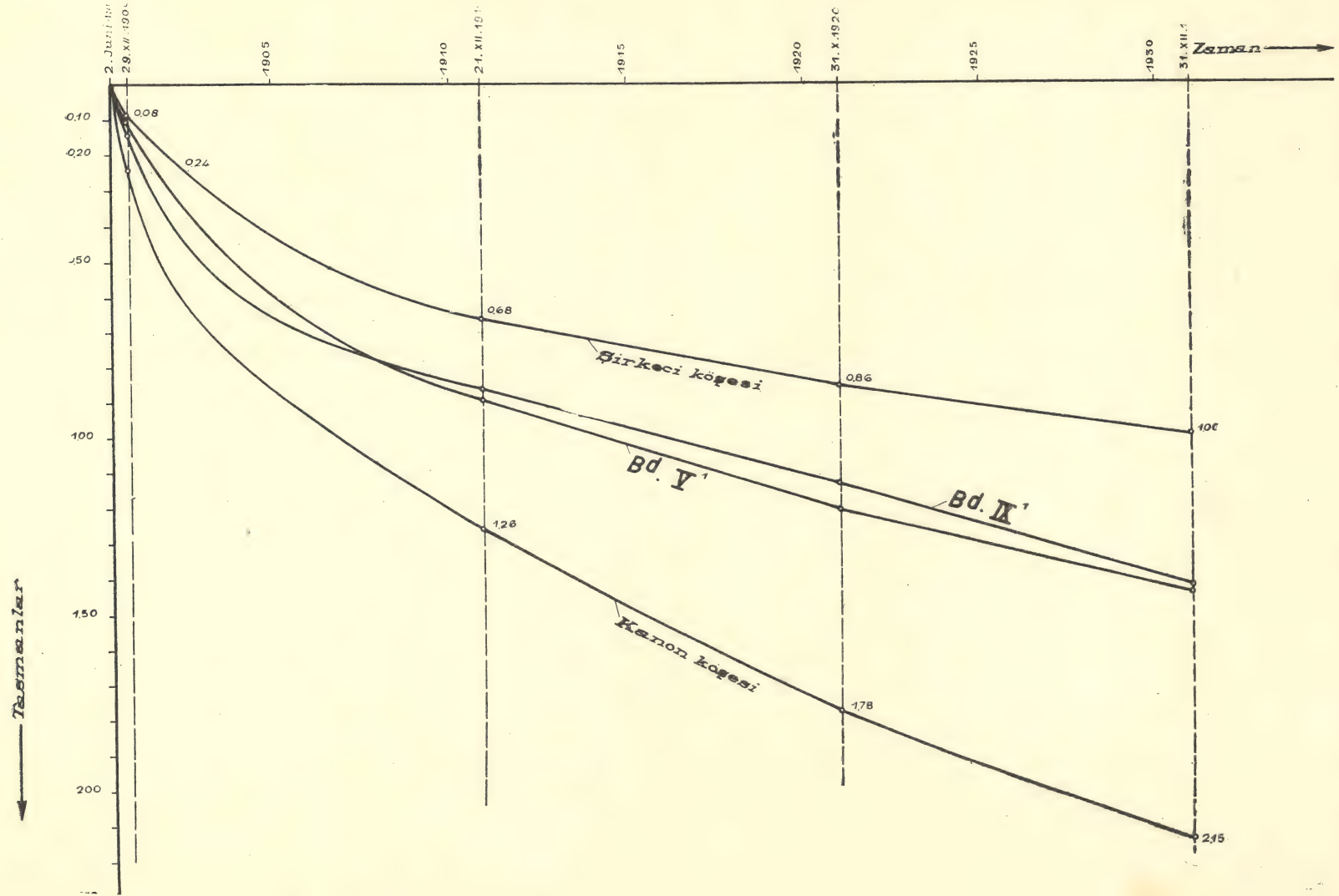


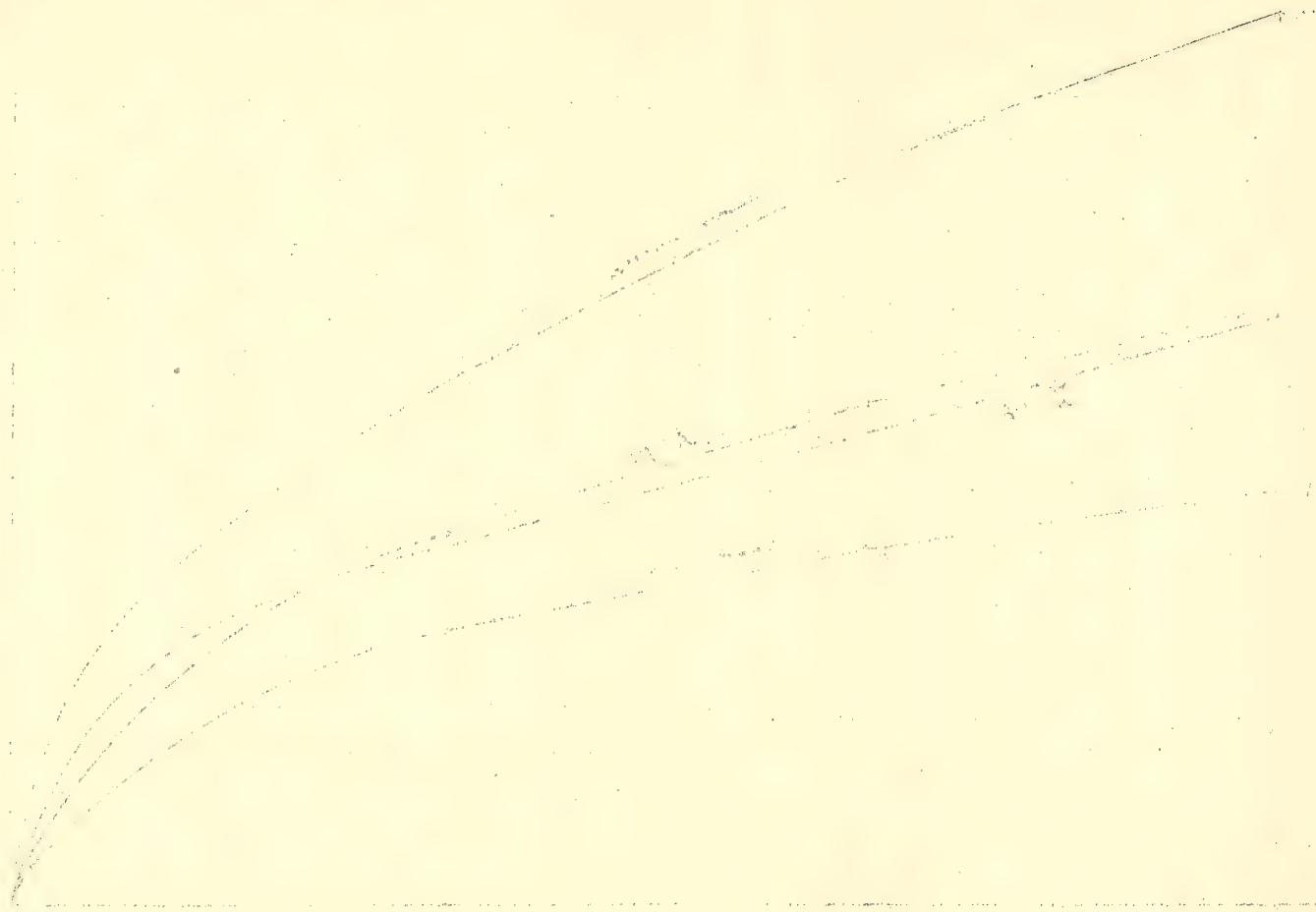
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900



1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900

Şekil : 94 İstanbul tarafındaki Rıhtımın zamana göre tasman münhanisi





Graph showing the relationship between the logarithm of the number of bacteria and time.

Şekil : 96 İstanbul Rıhtımının Galata tarafındaki zaman — tasman münhanileri

